

(12) 특허협력조약에 의하여 공개된 국제출원

(19) 세계지식재산권기구
국제사무국

(43) 국제공개일
2014년 5월 1일 (01.05.2014)



(10) 국제공개번호
WO 2014/065464 A1

- (51) 국제특허분류:
H01L 31/042 (2006.01) H01L 31/18 (2006.01)
- (21) 국제출원번호: PCT/KR2012/011060
- (22) 국제출원일: 2012년 12월 18일 (18.12.2012)
- (25) 출원언어: 한국어
- (26) 공개언어: 한국어
- (30) 우선권정보:
10-2012-0119310 2012년 10월 25일 (25.10.2012) KR
10-2012-0119312 2012년 10월 25일 (25.10.2012) KR
10-2012-0121419 2012년 10월 30일 (30.10.2012) KR
- (71) 출원인: 한국생산기술연구원 (KOREA INSTITUTE OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY) [KR/KR]; 330-825 충청남도 천안시 서북구 입장면 홍천리 35-3, Chungcheongnam-do (KR).
- (72) 발명자: 정채환 (JEONG, Chae Hwan); 506-872 광주시 광산구 장덕동 대방노블랜드 아파트 3차 303-1201, Gwangju (KR). 이선화 (LEE, Sun Hwa); 506-824 광주시 광산구 월계동 851-2, 204호, Gwangju (KR). 류상

(RYU, Sang); 500-834 광주시 북구 연제동 5-29 드림벨리스 A-403, Gwangju (KR). 김호성 (KIM, Ho Sung); 443-751 경기도 수원시 영통구 매탄 3동 두산위브하늘 채아파트 108-1604, Gyeonggi-do (KR). 부성재 (BOO, Seong Jae); 448-130 경기도 용인시 수지구 상현동 엘지자이 아파트 910-302, Gyeonggi-do (KR).

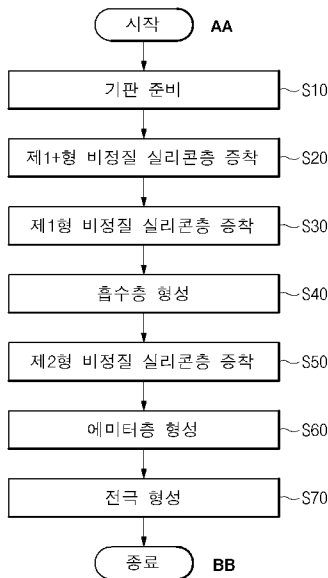
(74) 대리인: 서만규 (SUH, Man Kyu) 등; 135-936 서울시 강남구 역삼로 114, 9층, Seoul (KR).

(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, 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, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

[다음 쪽 계속]

(54) Title: METHOD FOR MANUFACTURING POLYCRYSTALLINE SILICON THIN-FILM SOLAR CELLS BY MEANS METHOD FOR CRYSTALLIZING LARGE-AREA AMORPHOUS SILICON THIN FILM USING LINEAR ELECTRON BEAM

(54) 발명의 명칭: 대면적 비정질 실리콘 박막의 선형 전자빔을 이용한 결정화방법에 의한 다결정 실리콘 박막 태양전지의 제조방법



(57) Abstract: One embodiment of the present invention relates to a method for manufacturing polycrystalline silicon thin-film solar cells by means of a method for crystallizing a large-area amorphous silicon thin film using a linear electron beam, and the technical problem to be solved is to crystallize an amorphous silicon thin film, which is formed on a low-priced substrate, by means of an electron beam so as for same to easily be of high quality by having high crystallization yield and to be processed at a low temperature. To this end, one embodiment of the present invention provides a method for manufacturing polycrystalline silicon thin-film solar cells by means of a method for crystallizing a large-area amorphous silicon thin film using a linear electron beam, the method comprising: a substrate preparation step for preparing a substrate; a type 1+ amorphous silicon layer deposition step for forming a type 1+ amorphous silicon layer on the substrate; a type 1 amorphous silicon layer deposition step for forming a type 1 amorphous silicon layer on the type 1+ amorphous silicon layer; an absorption layer formation step for forming an absorption layer by radiating a linear electron beam to the type 1 amorphous silicon layer and thus crystallizing the type 1 amorphous silicon layer and the type 1+ amorphous silicon layer; a type 2 amorphous silicon layer deposition step for forming a type 2 amorphous silicon layer on the absorption layer; and an emitter layer formation step for forming an emitter layer by radiating a linear electron beam to the type 2 amorphous silicon layer and thus crystallizing the type 2 amorphous silicon layer, wherein the linear electron beam is radiated from above the type 1 and type 2 amorphous silicon layers in a linear scanning manner in which to reciprocate in a predetermined area.

(57) 요약서:

[다음 쪽 계속]

S10 ... Prepare substrate
S20 ... Deposit type 1+ amorphous silicon layer
S30 ... Deposit type 1 amorphous silicon layer
S40 ... Form absorption layer
S50 ... Deposit type 2 amorphous silicon layer
S60 ... Form emitter layer
S70 ... Form electrode
AA ... Start
BB ... End

WO 2014/065464 A1



(84) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 역내 권리의 보호를 위하여): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 유라시아 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, 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, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK,

SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

공개:

— 국제조사보고서와 함께 (조약 제 21 조(3))

본 발명의 일 실시예는 대면적 비정질 실리콘 박막의 선행 전자빔을 이용한 결정화방법에 의한 다결정 실리콘 박막 태양전지의 제조방법에 관한 것으로, 해결하고자 하는 기술적 과제는 저가형 기판에 형성한 비정질 실리콘 박막을 전자빔을 통하여 결정화함으로써, 결정화 분율이 높아 고품질화가 용이하고 저온 공정이 가능하게 하는데 있다. 이를 위해 본 발명의 일 실시예는 기판을 준비하는 기판 준비 단계; 상기 기판 상에 제 1+형 비정질 실리콘층을 형성하는 제 1+형 비정질 실리콘층 증착단계; 상기 제 1+형 비정질 실리콘층 상에 제 1 형 비정질 실리콘층을 형성하는 제 1 형 비정질 실리콘층 증착단계; 상기 제 1 형 비정질 실리콘층에 선행 전자빔을 조사하여 상기 제 1 형 비정질 실리콘층과 제 1+형 비정질 실리콘층을 결정화하여 흡수층을 형성하는 흡수층 형성단계; 상기 흡수층 상에 제 2 형 비정질 실리콘층을 형성하는 제 2 형 비정질 실리콘층 증착단계; 및 상기 제 2 형 비정질 실리콘층에 선행 전자빔을 조사하여 상기 제 2 형 비정질 실리콘층을 결정화하여 에미터층을 형성하는 에미터층 형성단계를 포함하고, 상기 선행 전자빔은 상기 제 1 형 및 제 2 형 비정질 실리콘층 위에서 일정 구간 왕복운동하는 리니어 스캔 방식으로 조사되는 대면적 비정질 실리콘 박막의 선행 전자빔을 이용한 결정화방법에 의한 다결정 실리콘 박막 태양전지의 제조방법을 개시한다.

명세서

발명의 명칭: 대면적 비정질 실리콘 박막의 선형 전자빔을 이용한 결정화방법에 의한 다결정 실리콘 박막 태양전지의 제조방법

기술분야

- [1] 본 발명의 일 실시예는 대면적 비정질 실리콘 박막의 선형 전자빔을 이용한 결정화방법에 의한 다결정 실리콘 박막 태양전지의 제조방법에 관한 것이다.

배경기술

- [2] 일반적으로 벌크형 구조의 다결정 실리콘 박막을 이용한 태양전지의 핵심 기술은 저가형 기판인 글래스 기판 위에 다결정 실리콘 박막을 형성하는 것이다.
- [3] 공정상 비정질 상태의 글래스 기판 위에 다결정화된 실리콘 박막을 형성하는 것은 불가능하므로 비정질 실리콘 박막을 형성한 후, 후공정으로 결정화 공정을 수행하여 다결정 실리콘 박막을 형성하고 있다.
- [4] 대표적인 결정화법으로 열을 이용한 방법이 있지만, 비정질 실리콘은 글래스 기판의 녹는점보다 높은 온도에서 결정화가 되기 때문에 불가능한 방법으로 분류되어 있다.
- [5] 최근, 선진국을 중심으로 여러 가지 결정화법에 대한 연구가 진행되고 있으며, 대표적으로 금속유도결정화법(MIC: Metal Induced Crystallization), LC(Laser Crystallization) 및 JIC(Joule Induced Crystallization) 등이 알려져 있다.
- [6] MIC의 경우 금속(Al, Ni, Au) 등과 비정질 실리콘을 적층하여, 글래스 기판의 녹은 점 이하에서 열을 가해주면서 결정화를 시켜주는 방법으로, 금속 잔유물에 의해 고품질의 태양 전지 적용에 한계가 있다.
- [7] JIC의 경우, 비정질 실리콘 박막 위에 전극을 형성하여 일시적으로 유도 전류를 가해주어 결정화하는 방법으로 박막의 접착성이 약하고 박막이 필링(peeling)되는 현상이 심해 재현성이 떨어지는 문제가 있다.
- [8] LC의 경우, 결정화를 통해 고품질화가 확실한 방법이지만, 기판을 레이저로 스캔하기 때문에, LC에서 발생하는 에너지의 불균일성에 의한 샷 마크(Shot mark) 현상이 발생할 수 있고, 시간이 오래 걸리고, 기본적으로 비용이 비싼 문제가 있다.

발명의 상세한 설명

기술적 과제

- [9] 본 발명의 일 실시예는 저가형 기판에 형성한 비정질 실리콘 박막을 전자빔을 통하여 결정화함으로써, 결정화 분율이 높아 고품질화가 용이하고 저온 공정이 가능한 대면적 비정질 실리콘 박막의 선형 전자빔을 이용한 결정화방법에 의한 다결정 실리콘 박막 태양전지의 제조방법을 제공한다.
- [10] 또한, 본 발명의 일 실시예는 비정질 실리콘의 고속 증착이 가능하여 태양전지의 대면적화가 가능한 물리 기상 증착법을 통하여 증착된 비정질

실리콘 박막을 전자 빔을 통하여 결정화함으로써, 높은 결정화 분율, 큰 결정립 크기를 가지고 가능한 짧은 시간 안에 대면적 다결정 실리콘 박막을 제조할 수 있는 대면적 비정질 실리콘 박막의 선형 전자빔을 이용한 결정화방법에 의한 다결정 실리콘 박막 태양전지의 제조방법을 제공한다.

- [11] 또한, 본 발명의 일 실시예는 플라즈마 화학기상 증착법을 이용하여 보론이 도핑된 비정질 실리콘층을 형성한 후, 전자 빔을 통하여 결정화시킴으로써, 결정화 분율이 높아 고품질화가 용이한 대면적 비정질 실리콘 박막의 선형 전자빔을 이용한 결정화방법에 의한 다결정 실리콘 박막 태양전지의 제조방법을 제공한다.

과제 해결 수단

- [12] 본 발명의 일 실시예에 의한 대면적 비정질 실리콘 박막의 선형 전자빔을 이용한 결정화방법에 의한 다결정 실리콘 박막 태양전지의 제조방법은 기판을 준비하는 기판 준비 단계; 상기 기판 상에 제1+형 비정질 실리콘층을 형성하는 제1+형 비정질 실리콘층 증착단계; 상기 제1+형 비정질 실리콘층 상에 제1형 비정질 실리콘층을 형성하는 제1형 비정질 실리콘층 증착단계; 상기 제1형 비정질 실리콘층에 선형 전자빔을 조사하여 상기 제1형 비정질 실리콘층과 제1+형 비정질 실리콘층을 결정화하여 흡수층을 형성하는 흡수층 형성단계; 상기 흡수층 상에 제2형 비정질 실리콘층을 형성하는 제2형 비정질 실리콘층 증착단계; 및 상기 제2형 비정질 실리콘층에 선형 전자빔을 조사하여 상기 제2형 비정질 실리콘층을 결정화하여 에미터층을 형성하는 에미터층 형성단계를 포함하고, 상기 선형 전자빔은 상기 제1형 및 제2형 비정질 실리콘층 위에서 일정 구간 왕복운동하는 리니어 스캔 방식으로 조사될 수 있다.
- [13] 상기 기판 준비 단계에서 상기 기판은 유리 기판 또는 금속 포일일 수 있다.
- [14] 상기 제1형 및 제2형 비정질 실리콘층은 PECVD(Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition)를 통하여 형성될 수 있다.
- [15] 상기 선형 전자빔은 에너지가 1.5 ~ 5keV이고, 조사시간이 30초 ~ 120초일 수 있다.
- [16] 상기 제1형 및 제2형 비정질 실리콘층은 전자빔 이베퍼레이터(e-beam evaporator)를 통하여 형성될 수 있다.
- [17] 상기 선형 전자빔은 에너지가 2.5 ~ 5keV이고, 조사시간이 25 ~ 200초일 수 있다.
- [18] 상기 제1형 및 제2형 비정질 실리콘층은 물리 기상 증착법을 통하여 형성될 수 있다.
- [19] 상기 선형 전자 빔의 세기는 4.0keV이고, RF 파워는 320W이며, 조사 시간은 100초이고, 스캔 속도는 10cm/min일 수 있다.
- [20] 상기 흡수층 형성 단계와 에미터층 형성 단계에서의 공정 압력은 3×10^{-4} torr이고, 공정 시간은 25 내지 200초일 수 있다.

- [21] 상기 물리 기상 증착법의 공정 압력은 1.0×10^{-7} Torr이고, 증착속도는 $10 \text{ \AA/s}$ 일 수 있다.
- [22] 상기 제1+형 비정질 실리콘층은 200 nm 의 두께로 형성되고, 상기 제1 비정질 실리콘층은 1 내지 $1.5 \mu\text{m}$ 의 두께로 형성될 수 있다.
- [23] 상기 제2 비정질 실리콘층은 100 nm 의 두께로 형성될 수 있다.
- [24] 상기 흡수층의 수평방향의 결정립의 크기는 200 nm 일 수 있다.
- [25] 상기 선형 전자빔은 50 sccm 만큼 주입된 아르곤 가스가 플라즈마에 의해 아르곤 이온과 분리된 전자에 의해 이루어질 수 있다
- [26] 본 발명의 다른 실시예에 따른 대면적 비정질 실리콘 박막의 선형 전자빔을 이용한 결정화방법에 의한 다결정 실리콘 박막 태양전지의 제조방법은, 기판을 준비하는 기판 준비 단계; 상기 기판 상에 플라즈마 화학기상 증착법을 통하여 제1+형 수소화 비정질 실리콘층을 증착하는 제1+형 수소화 비정질 실리콘층 증착단계; 상기 제1+형 수소화 비정질 실리콘층 상에 플라즈마 화학기상 증착법을 통하여 제1형 수소화 비정질 실리콘층을 증착하는 제1형 수소화 비정질 실리콘층 증착단계; 상기 제1형 수소화 비정질 실리콘층에 선형 전자빔을 조사하여 상기 제1형 수소화 비정질 실리콘층과 제1+형 수소화 비정질 실리콘층을 결정화하여 흡수층을 형성하는 흡수층 형성단계; 상기 흡수층 상에 플라즈마 화학기상 증착법을 통하여 제2형 수소화 비정질 실리콘층을 증착하는 제2형 수소화 비정질 실리콘층 증착단계; 및 상기 제2형 수소화 비정질 실리콘층에 선형 전자빔을 조사하여 상기 제2형 수소화 비정질 실리콘층을 결정화하여 에미터층을 형성하는 에미터층 형성단계를 포함하고, 상기 선형 전자빔은 상기 제1형 및 제2형 수소화 비정질 실리콘층 위에서 일정 구간 왕복운동하는 리니어 스캔 방식으로 조사될 수 있다.
- [27] 상기 선형 전자빔은 아르곤 가스가 플라즈마에 의해 아르곤 이온과 분리된 전자에 의해 이루어질 수 있다.
- [28] 상기 기판은 유리 기판 또는 금속 포일일 수 있다.
- [29] 상기 수소화 비정질 실리콘층은 보론이 도핑되어 있다.
- [30] 상기 수소화 비정질 실리콘층은 상기 플라즈마 화학기상 증착법을 통하여 상기 보론의 도핑농도가 조절될 수 있다.
- [31] 상기 수소화 비정질 실리콘층은 공정 압력이 100 내지 500 mtorr , 공정 파워는 25 내지 100 W , 공정 온도는 150 내지 300°C 에서 형성될 수 있다.
- [32] 상기 선형 전자빔은 에너지가 1.5 내지 5 keV 일 수 있다.
- [33] 상기 선형 전자빔은 조사시간이 30초 내지 120초일 수 있다.
- [34] 상기 선형 전자빔은 상기 기판의 표면에 상기 수소화 비정질 실리콘층이 완전히 형성된 후에 조사될 수 있다.

발명의 효과

- [35] 본 발명의 일 실시예에 따른 대면적 비정질 실리콘 박막의 선형 전자빔을

이용한 결정화방법에 의한 다결정 실리콘 박막 태양전지의 제조방법은 종래 기술에 비하여 비정질 실리콘 박막의 결정화 분율이 높아 태양전지의 고품질화가 용이하다.

[36] 또한, 본 발명의 일 실시예는 유리 기판 또는 금속 포일과 같은 저가형 기판을 사용함으로써, 저온 공정을 가능하여 열화현상을 최소화할 수 있고 태양전지의 제조 단가를 낮출 수 있다.

[37] 또한, 본 발명의 일 실시예는 비정질 실리콘 박막을 짧은 시간에 결정화 할 수 있으며, 대면적의 높은 결정화 분율, 큰 결정립 크기를 가지는 고품질의 다결정 실리콘 박막을 제공할 수 있다.

[38] 또한, 본 발명의 일 실시예는 플라즈마 화학기상 증착법을 이용하여 보론이 도핑된 비정질 실리콘층을 형성한 후, 전자 빔을 통하여 결정화시킴으로써, 결정화 분율이 높아 다결정 실리콘 박막 태양전지의 고품질화가 용이하다.

도면의 간단한 설명

[39] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 대면적 비정질 실리콘 박막의 선형 전자빔을 이용한 결정화방법에 의한 다결정 실리콘 박막 태양전지의 제조방법을 나타내는 순서도이다.

[40] 도 2a 내지 도 2g는 본 발명의 일 실시예에 따른 대면적 비정질 실리콘 박막의 선형 전자빔을 이용한 결정화방법에 의한 다결정 실리콘 박막 태양전지의 제조방법을 순차적으로 도시한 도면이다.

[41] 도 3은 본 발명의 다른 실시예에 따른 물리기상증착법으로 형성된 대면적 비정질 실리콘 박막의 선형 전자빔을 이용한 결정화방법에 의한 다결정 실리콘 박막 태양전지의 제조방법을 도시한 순서도이다.

[42] 도 4a 내지 도 4g는 본 발명의 다른 실시예에 따른 물리기상증착법으로 형성된 대면적 비정질 실리콘 박막의 선형 전자빔을 이용한 결정화방법에 의한 다결정 실리콘 박막 태양전지의 제조방법을 순차적으로 도시한 도면이다.

[43] 도 5는 비정질 실리콘층에 전자 빔을 리니어 스캔 방식으로 조사하여 다결정 실리콘층을 형성하는 과정을 도시한 도면이다.

[44] 도 6은 전자 빔 조사에 따른 XRD(X-ray Diffraction)결과를 도시한 그래프이다.

[45] 도 7은 전자빔 조사 전후에 따른 라만(Raman) 분석법에 의한 결정화도를 도시한 그래프이다.

[46] 도 8은 전자 빔 조사에 따른 결정화 분율의 계산을 위한 Peak Fit 분석도이다.

[47] 도 9는 전자 빔 조사에 따라 결정화된 부분의 TEM 분석도이다.

[48] 도 10은 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 플라즈마 화학기상 증착법으로 형성된 대면적 수소화된 비정질 실리콘 박막의 선형 전자빔을 이용한 결정화방법에서 이용되는 플라즈마 화학기상 증착장치의 개략적인 구성을 나타내는 도면이다.

[49] 도 11a 및 11b는 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 플라즈마 화학기상

증착법으로 형성된 대면적 수소화된 비정질 실리콘 박막의 선형 전자빔을 이용한 결정화방법에서 이용되는 전자빔 조사장치의 개략적인 구성을 나타내는 도면이다.

[50] 도 12는 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 플라즈마 화학기상 증착법으로 형성된 대면적 수소화된 비정질 실리콘 박막의 선형 전자빔을 이용한 결정화방법을 나타내는 순서도이다.

[51] 도 13은 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 플라즈마 화학기상 증착법으로 형성된 대면적 수소화된 비정질 실리콘 박막의 선형 전자빔을 이용한 결정화방법을 포함하는 다결정 실리콘 박막 태양전지의 제조방법을 나타내는 순서도이다.

[52] 도 14a 내지 도 14g는 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 플라즈마 화학기상 증착법으로 형성된 대면적 수소화된 비정질 실리콘 박막의 선형 전자빔을 이용한 결정화방법을 포함하는 다결정 실리콘 박막 태양전지의 제조방법을 순차적으로 도시한 도면이다.

[53] 도 15는 본 발명의 실시예에 따른 대면적 비정질 실리콘 박막의 선형 전자빔을 이용한 결정화방법에 의한 다결정 실리콘 박막 태양전지의 제조방법에 사용되는 선형 전자빔에 의하여 결정화되기 전 후의 실리콘 박막을 나타내는 사진이다.

발명의 실시를 위한 형태

[54] 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 본 발명을 용이하게 실시할 수 있을 정도로 본 발명의 바람직한 일 실시예를 첨부된 도면을 참조하여 상세하게 설명하면 다음과 같다.

[55] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 대면적 비정질 실리콘 박막의 선형 전자빔을 이용한 결정화방법에 의한 다결정 실리콘 박막 태양전지의 제조방법을 도시한 순서도이다.

[56] 도 1에 도시된 바와 같이, 본 발명의 일 실시예에 따른 대면적 비정질 실리콘 박막의 선형 전자빔을 이용한 결정화방법에 의한 다결정 실리콘 박막 태양전지의 제조방법은 기판 준비 단계(S10), 제1+형 비정질 실리콘층 증착단계(S20), 제1형 비정질 실리콘층 증착단계(S30), 흡수층 형성단계(S40), 제2형 비정질 실리콘층 증착단계(S50), 에미터층 형성단계(S60) 및 전극 형성 단계(S70)를 포함한다.

[57] 도 2a 내지 도 2g는 본 발명의 일 실시예에 따른 대면적 비정질 실리콘 박막의 선형 전자빔을 이용한 결정화방법에 의한 다결정 실리콘 박막 태양전지의 제조방법을 순차적으로 도시한 도면이다.

[58] 한편, 본 실시예에서의 제1형은 P형이고, 제2형은 N형이다. 이와는 반대로 제1형은 N형이고, 제2형은 P형일 수 있다.

[59] 또한, "+"로 표시되는 제1형 또는 제2형은 P형 또는 N형의 도펀트가 도핑된

정도를 나타내는 것으로 "+" 표시가 없는 제1형 또는 제2형 보다 "+" 표시가 있는 제1형 또는 제2형이 더 많은 도펀트가 도핑되어 있는 것을 의미한다.

- [60] 도 2a에 도시된 바와 같이, 상기 기관 준비 단계(S10)에서는, 대략 평평한 기관을 준비한다. 즉, 이러한 기관은 유리 기관 또는 금속 포일 등과 같이 저가형의 기관일 수 있다. 예를 들어, 상기 기관(110)이 유리 기관으로 이루어지는 경우에는 공정에 직접적인 영향을 미치는 연화점(softening point), 어닐링점(annealing point) 및 스트레인점(strain point)이 각각 975°C, 721°C 및 666°C로서 다른 글래스에 비해 우수한 코닝계 1737F 글래스가 기관(110)으로 이용될 수 있다. 또한, 상기 기관(110)이 금속 포일 기관으로 이루어지는 경우에는 상기 기관(110) 상에 구비된 제1+형 비정질 실리콘층(130)과의 절연을 위해 상기 기관(110)과 제1+형 비정질 실리콘층(130) 사이에 절연층(미도시)을 구비할 수 있다. 이하 본 실시예에서는, 상기 기관(110)이 금속 포일로 이루어지는 것을 일 예로 하여 설명하기로 한다.
- [61] 더불어, 이러한 기관(110)에는 클리닝 공정이 수행될 수 있다. 일례로, 아세톤, IPA(Isopropyl Alcohol), 메탄올 용액에 초음파로 기관(110)을 각각 10분씩 클리닝한 후 DI 워터(DeIonized water)로 5회 린스(rinse)하고, 이어서 질소 가스로 건조(N₂ blowing)하는 단계가 수행될 수 있다.
- [62] 또한, 상기 기관(110)에는 미리 버퍼층(120)(산화막 또는 질화막)이 형성될 수 있으며, 이러한 버퍼층(120)은 비정질 실리콘층이 기관(110)에 더욱 잘 증착되도록 하고, 또한 기관(110)으로부터의 오염 물질이 비정질 실리콘층 또는 다결정 실리콘층으로 이동하지 못하도록 하는 역할을 한다. 물론, 경우에 따라 상기 버퍼층(120)은 형성되지 않을 수도 있다.
- [63] 도시되어 있지는 않지만, 상기 기관(110)과 버퍼층(120) 사이에는 버퍼층(120)에서 기관(110)으로의 열 이동을 막기 위하여 보호층이 형성될 수 있으며, 이러한 보호층은 SiO₂를 포함할 수 있다. 이러한 보호층의 형성방법은 특별히 제한되지 않으나, 예를 들어, 스퍼터(Sputter), 이베포레이터(Evaporator)를 이용할 수 있다.
- [64] 도 2b에 도시된 바와 같이, 상기 제1+형 비정질 실리콘층 증착단계(S20)에서는, 기관(110) 또는 버퍼층(120) 상에 예를 들면 PECVD(Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition)에 의해 제1+형 비정질 실리콘층(130)을 수직 방향으로 대략 200nm의 두께로 증착한다. 여기서, 상기 제1+형 비정질 실리콘층(130)은 PECVD 이외에도 스퍼터(sputter) 또는 이베퍼레이터(evaporator)에 의해 증착될 수 있으며, 본 발명에서 이러한 증착 방법을 한정하는 것은 아니다. 상기 제1+형 비정질 실리콘층(130)은 제1형이 고농도로 도핑되어, 후면전계층의 역할을 한다.
- [65] 도 2c에 도시된 바와 같이, 상기 제1형 비정질 실리콘층 증착단계(S30)에서는, 제1+형 비정질 실리콘층(130) 상에 제1형 비정질 실리콘층(140a)을 증착한다. 즉, 상기 제1+형 비정질 실리콘층(130) 상에 예를 들면 PECVD 또는 전자빔 이베퍼레이터(e-beam evaporator)에 의해 제1형 비정질 실리콘층(140a)을 수직

방향으로 대략 1 내지 1.5 μm 의 두께로 증착한다. 본 발명에서는, 상기 제1형 비정질 실리콘층(140a)의 증착 방법을 한정하는 것은 아니다.

- [66] 도 2d에 도시된 바와 같이, 상기 흡수층 형성단계(S40)에서는, 제1형 비정질 실리콘층(140a)에 선형 전자빔을 조사함으로써 제1+형 비정질 실리콘층(130)과 제1+형 비정질 실리콘층(140a)을 다결정질 실리콘으로 결정화하여 흡수층(140)을 형성한다. 상기 선형 전자빔은 종래와 같이 필라멘트에 전류를 인가하여 나오는 열전자를 자기장으로 가속시켜 얻어진 것이 아니다. 즉, 상기 선형 전자빔은 고밀도 플라즈마 형성을 통하여 아르곤 가스를 아르곤 이온과 전자로 분리하고, 분리된 아르곤 이온과 전자 중에서 전자만으로 이루어진 것이다.
- [67] 여기서, 열전자로부터 얻은 선형 전자빔은, 텅스텐과 같은 필라멘트에 전류를 가하여 발생하는 전자로서, 필라멘트의 열화에 의해 전자의 농도나 개수가 달라질 수 있고, 또한 고밀도의 전자 클러스터를 얻기가 쉽지 않다. 그러나, 플라즈마를 이용하는 방법으로서 축적 결합 플라즈마(CCP)나 유도 결합 플라즈마(ICP)는 아르곤과 같은 불활성 가스를 전기장을 이용하여 아르곤 이온과 전자로 분리하여 전자빔을 얻는 것으로서, CCP에 비해 ICP가 대략 100배 높은 고밀도 전자 농도를 얻을 수 있다. 따라서, 주기적인 교체 시기가 필라멘트 열전자 방식에 비해 더 길고, 고밀도 전자 농도를 형성함으로써 전자빔의 세기를 쉽게 조절할 수 있는 예를 들면 ICP로부터 얻는 전자빔을 이용한다.
- [68] 더욱이, 이러한 선형 전자빔은 스폿 스캐닝(spot-scanning) 방식이 아닌 그리드 렌즈(grid lens)를 이용하여 리니어 스캔(linear scan) 방식으로 동작할 수 있어, 대략 10cm/min의 속도로 제1형 비정질 실리콘층(140a)을 빠르게 스캔할 수 있다.
- [69] 따라서, 본 발명에 따른 선형 전자빔 조사 방식은 태양 전지의 제조에 있어 대면적화에 매우 유리하다.
- [70] 한편, 상기 선형 전자빔은, 제1형 비정질 실리콘층 증착단계(S30)에서 제1형 비정질 실리콘층(140a)을 PECVD를 이용하여 증착하는 경우, 에너지가 1.5~5keV가 적절하다. 상기 선형 전자빔의 에너지가 1.5keV 미만인 경우에는 결정화 속도 및 결정화 분율이 상대적으로 작고, 상기 선형 전자빔의 에너지가 5keV를 초과할 경우에는 제1형 비정질 실리콘층(140a)의 표면이 식각되어 제거될 수 있다. 이때, 상기 선형 전자빔은 조사 시간이 30초 ~ 120초인 것이 바람직하다.
- [71] 또한, 상기 선형 전자빔은, 제1형 비정질 실리콘층 증착단계(S30)에서 제1형 비정질 실리콘층(140a)을 전자빔 이베퍼레이터(e-beam evaporator)를 이용하여 증착하는 경우, 에너지가 2.5~5keV가 적절하다. 상기 선형 전자빔의 에너지가 2.5keV 미만인 경우에는 결정화 속도 및 결정화 분율이 상대적으로 작고, 상기 선형 전자빔의 에너지가 5keV를 초과할 경우에는 제1형 비정질 실리콘층(140a)의 표면이 식각되어 제거될 수 있다. 이때, 상기 선형 전자빔은 조사 시간이 25초 ~ 200초인 것이 바람직하다.

- [72] 도 2e에 도시된 바와 같이, 제2형 비정질 실리콘층 증착단계(S50)에서는, 상술한 바와 동일한 방법으로, 상기 결정화된 흡수층(140)에 수직 방향으로 대략 100nm 두께를 갖는 제2형 비정질 실리콘층(150a)을 증착한다. 즉, 상기 흡수층(140) 위에 PVD(physical vapor deposition), 예를 들면 PECVD 또는 전자빔 이베퍼레이터(e-beam evaporator)로 제1+형 비정질 실리콘층(130) 및 제1형 비정질 실리콘층(140a)과 도전형이 반대인 제2형 비정질 실리콘층(150a)을 증착한다. 일례로, 전자빔 이베퍼레이터를 이용할 경우, 상기 제2형 비정질 실리콘층(150a)은 온도가 상온, 작업 압력이 대략 1.2×10^{-5} Torr, 증착 시간이 대략 200초, 보른 소스가 대략 99.999%의 이퓨션 셀(effusion cell), 실리콘 소스가 대략 99.999%의 크르시블(crucible)을 이용할 수 있다.
- [73] 여기서, 이러한 공정 조건을 이용하여 원하는 증착 속도를 얻기 위해서는 전자빔의 파워만을 조절하면 되며, 물론 전자빔의 파워를 크게 할수록 증착 속도가 빨라진다. 그러나, 증착 속도가 0.5 μ m/min 이상으로 고속 증착을 할 경우 들뜸 현상이 발생할 수 있다.
- [74] 도 2f에 도시된 바와 같이, 에미터층 형성단계(S60)에서는, 상기 고속으로 증착된 제2형 비정질 실리콘층(150a)에 선형 전자빔을 조사함으로써 다결정질 실리콘으로 결정화하여 에미터층(150)을 형성한다. 상기 선형 전자빔은 상술한 바와 같이 고밀도 플라즈마 형성을 통하여 아르곤 가스를 아르곤 이온과 전자로 분리하고, 분리된 아르곤 이온과 전자 중에서 전자만으로 이루어진 것일 수 있다. 더불어, 이러한 선형 전자빔은 스팟 스캐닝(spot-scanning) 방식이 아닌 그리드 렌즈(grid lens)를 이용하여 리니어 스캔(linear scan) 방식으로 동작할 수 있어, 대략 10cm/min의 속도로 제2형 비정질 실리콘층(150a)을 스캔할 수 있다.
- [75] 따라서, 본 발명의 일 실시예에 따른 선형 전자빔 조사 방식은 태양 전지의 대면적화에 매우 유리하다.
- [76] 한편, 상기 선형 전자빔은, 제2형 비정질 실리콘층 증착단계(S50)에서 제2형 비정질 실리콘층(150a)을 PECVD를 이용하여 증착하는 경우, 에너지가 1.5~5keV가 적절하다. 상기 선형 전자빔의 에너지가 1.5keV 미만인 경우에는 결정화 속도 및 결정화 분율이 상대적으로 작고, 상기 선형 전자빔의 에너지가 5keV를 초과할 경우에는 제2형 비정질 실리콘층(150a)의 표면이 식각되어 제거될 수 있다. 이때, 상기 선형 전자빔은 조사 시간이 30초 ~ 120초인 것이 바람직하다.
- [77] 또한, 상기 선형 전자빔은, 제2형 비정질 실리콘층 증착단계(S50)에서 제2형 비정질 실리콘층(150a)을 전자빔 이베퍼레이터(e-beam evaporator)를 이용하여 증착하는 경우, 에너지가 2.5~5keV가 적절하다. 상기 선형 전자빔의 에너지가 2.5keV 미만인 경우에는 결정화 속도 및 결정화 분율이 상대적으로 작고, 상기 선형 전자빔의 에너지가 5keV를 초과할 경우에는 제2형 비정질 실리콘층(150a)의 표면이 식각되어 제거될 수 있다. 이때, 상기 선형 전자빔은 조사 시간이 25초 ~ 200초인 것이 바람직하다.

- [78] 도 2g에 도시된 바와 같이, 상기 전극 형성 단계(S70)에서는, 에미터층(150)의 일부 영역에 전면전극(171)을 접촉하도록 형성하고, 후면전극(172)을 기판(110)에 접촉하도록 형성함으로써, 태양 전지를 완성한다. 여기서, 상기 에미터층(150)에는 투명 도전막(160) 또는 반사방지막(미도시)이 더 형성될 수 있다.
- [79] 도 3은 본 발명의 다른 실시예에 따른 물리기상증착법으로 형성된 대면적 비정질 실리콘 박막의 선형 전자빔을 이용한 결정화방법에 의한 다결정 실리콘 박막 태양전지의 제조방법을 도시한 순서도이다.
- [80] 도 3에 도시된 바와 같이, 본 발명의 다른 실시예에 따른 물리기상증착법으로 형성된 대면적 비정질 실리콘 박막의 선형 전자빔을 이용한 결정화방법에 의한 다결정 실리콘 박막 태양전지의 제조방법은 기판(110)을 준비하는 기판 준비 단계(S11); 상기 기판(110) 위에 물리 기상 증착법으로 제1 비정질 실리콘층을 증착하는 제1 비정질 실리콘층 증착 단계(S21); 상기 제1 비정질 실리콘층에 전자 빔을 조사하여 결정화시켜 제1 다결정 실리콘층을 형성하는 제1 다결정 실리콘층 형성 단계(S31); 상기 제1 다결정 실리콘층 위에 물리 기상 증착법으로 제2 비정질 실리콘층을 증착하는 제2 비정질 실리콘층 증착 단계(S41); 및 상기 제2 비정질 실리콘층에 전자 빔을 조사하여 결정화시켜 제2 다결정 실리콘층을 형성하는 제2 다결정 실리콘층 형성 단계(S51)를 포함하되, 상기 전자 빔은 상기 제1 및 제2 비정질 실리콘층 위에서 일정 구간 왕복운동하는 리니어 스캔 방식으로 조사된다.
- [81] 도 4a내지 도 4g는 본 발명의 다른 실시예에 따른 물리기상증착법으로 형성된 대면적 비정질 실리콘 박막의 선형 전자빔을 이용한 결정화방법에 의한 다결정 실리콘 박막 태양전지의 제조방법을 순차적으로 도시한 도면이다.
- [82] 한편, 본 실시예에서 제1 비정질 실리콘층(220a)은 P형이고, 제2 비정질 실리콘층(230a)은 N형이다. 이와는 반대로 제1 비정질 실리콘층(220a)은 N형이고, 제2 비정질 실리콘층(230a)은 P형일 수 있다. 한편, p+형 또는 n+형은 P형 또는 N형의 불순물이 도핑된 정도를 나타내는 것으로 "+" 표시가 없는 P형 또는 N형 보다 "+" 표시가 있는 P형 또는 N형이 더 많은 불순물이 도핑되어 있는 것을 의미한다.
- [83] 도 4a에 도시된 바와 같이, 기판(210) 준비 단계(S11)에서는, 대략 평평한 10cm x 10cm 크기의 기판(210)을 준비한다. 이러한 기판(210)은 예를 들면, 글래스(glass), 세라믹(ceramic), 폴리머(polymer), 금속 및 그 등가물 중에서 선택된 어느 하나일 수 있으나, 본 발명에서 그 재질을 한정하는 것은 아니다. 일례로 상기 기판(210)은 글래스로서 코닝(corning)계, 소다-라임(soda-lime) 또는 파이렉스(pyrex)가 이용될 수 있다. 좀더 구체적으로, 공정에 직접적인 영향을 미치는 연화점(softening point), 어닐링점(annealing point) 및 스트레인점(strain point)이 각각 975°C, 721°C 및 666°C로서 다른 글래스에 비해 우수한 코닝계 1737F 글래스가 기판(210)으로 이용될 수 있다.

- [84] 더불어, 이러한 기관(210)에는 클리닝 공정이 수행될 수 있다. 일례로, 아세톤, IPA(Isopropyl Alcohol), 메탄올 용액에 초음파로 기관(210)을 각각 10분씩 클리닝한 후 DI 워터(DeIonized water)로 5회 린스(rinse)하고, 이어서 질소 가스로 건조(N2 blowing)하는 단계가 수행될 수 있다. 여기서, 상기 기관(210)에는 미리 버퍼층(211)(산화막 또는 질화막)이 형성될 수 있으며, 이러한 버퍼층(211)은 제1 비정질 실리콘층(220a)이 기관(210)에 더욱 잘 증착되도록 하고, 또한 기관(210)으로부터의 오염 물질이 제1 비정질 실리콘층(220a) 또는 제1 다결정 실리콘층(220)으로 이동하지 못하도록 하는 역할을 한다. 물론, 경우에 따라 상기 버퍼층(211)은 형성되지 않을 수도 있다.
- [85] 도 4b에 도시된 바와 같이, 제1 비정질 실리콘층 증착단계(S21)에서는, 상기 기관(210) 또는 버퍼층(211)에 제1 비정질 실리콘층(220a)을 증착한다. 즉, 상기 기관(210) 또는 버퍼층(211) 위에 PVD(physical vapor deposition), 예를 들면 스퍼터링, 이베포레이션 및 그 등가 방법중 어느 하나로 제1 비정질 실리콘층(220a)을 수직 방향으로 대략 100~350nm의 두께로 증착한다.
- [86] 일례로, 상기 제1 비정질 실리콘층(220a)을 증착하는 물리 기상 증착법의 공정 조건은 기저압력이 대략 1.0×10^{-7} Torr, 증착 속도가 대략 $10 \text{ \AA/s}$, 및 기관(210) 회전속도가 대략 3rpm일 수 있다.
- [87] 여기서, 이러한 공정 조건을 이용하여 원하는 증착 속도를 얻기 위해서는 전자빔의 파워만을 조절하면 되며, 물론, 전자빔의 파워를 크게 할수록 증착 속도가 빨라진다. 그러나, 증착 속도가 $10 \text{ \AA/s}$ 이상으로 고속 증착을 할 경우 들뜸 현상이 발생할 수 있다.
- [88] 도 4c에 도시된 바와 같이, 제1 다결정 실리콘층 형성단계(S31)에서는, 상기 제1 비정질 실리콘층(220a)에 선형 전자빔을 조사함으로써 다결정 실리콘으로 결정화하여 제1 다결정 실리콘층(220)을 형성한다. 상기 선형 전자빔은 종래와 같이 필라멘트에 전류를 인가하여 나오는 열전자를 자기장으로 가속시켜 얻어진 것이 아니다. 즉, 상기 선형 전자빔은 고밀도 플라즈마(Ar) 형성을 통해 아르곤 이온과 분리된 전자에 의해 조사하는 방식으로, 그리드 렌즈(Grid lens)와 일렉트로 플레이팅(electroplating)을 통해 효율적으로 전자/이온을 분리하고 대면적화 할 수 있다는 효과가 있다.
- [89] 여기서, 열전자로부터 얻은 전자 빔은, 텅스텐과 같은 필라멘트에 전류를 가하여 발생하는 전자로서, 필라멘트의 열화에 의해 전자의 농도나 개수가 달라질 수 있고, 또한 고밀도의 전자 클러스터를 얻기가 쉽지 않다. 그러나, 플라즈마를 이용하는 방법으로서 축적 결합 플라즈마(CCP)나 유도 결합 플라즈마(ICP)는 아르곤과 같은 불활성 가스를 전기장을 이용하여 아르곤 이온과 전자로 분리하여 전빔을 얻는 것으로서, CCP에 비해 ICP가 대략 100배 높은 고밀도 전자 농도를 얻을 수 있다. 따라서, 주기적인 교체 시기가 필라멘트 열전자 방식에 비해 더 길고, 고밀도 전자 농도를 형성함으로써 전자빔의 세기를 쉽게 조절할 수 있는 예를 들면 ICP로부터 얻는 전자빔을 이용한다.

- [90] 더욱이, 이러한 선형 전자빔은 스폿 스캐닝(spot-scanning) 방식이 아닌 그리드 렌즈(grid lens)를 이용하여 리니어 스캔(linear scan) 방식으로 동작할 수 있어, 대략 10cm/sec의 속도로 제1 비정질 실리콘층(220a)을 빠르게 스캔할 수 있다.
- [91] 따라서, 본 발명의 다른 실시예에 따른 선형 전자빔 조사 방식은 태양전지(200)의 제조에 있어 대면적화에 매우 유리하다. 여기서, 상기 선형 전자빔은 에너지가 4keV가 적절하다. 상기 선형 전자빔의 에너지가 4keV 미만인 경우에는 결정화가 되지 않고, 상기 선형 전자빔의 에너지가 4keV를 초과할 경우에는 제1 비정질 실리콘층(220a)의 표면이 식각되어 제거될 수 있다.
- [92] 상기 선형 전자빔은 조사시간이 100초이고, RF 파워는 320W이며, 제1 비정질 실리콘층(220a) 형성 단계(S21)의 공정압력은 3×10^{-4} torr이고, 공정온도는 500°C일 수 있다.
- [93] 한편, 이러한 선형 전자빔 조사에 의해 전반적으로 결정화 분율이 높고, 결정립 크기가 큰 대면적 제1 다결정 실리콘층(220)을 짧은 시간 안에 형성할 수 있다.
- [94] 도 4d에 도시된 바와 같이, 제2 비정질 실리콘층 증착 단계(S41)에서는, 상기 물리 기상 증착법으로, 상기 제1 다결정 실리콘층(220)에 제2 비정질 실리콘층(230a)을 증착한다.
- [95] 도 4e에 도시된 바와 같이, 제2 다결정 실리콘층 형성 단계(S51)에서는, 상기 고속으로 증착된 제2 비정질 실리콘층(230a)에 상기 선형 전자빔을 조사함으로써 다결정질 실리콘으로 결정화하여 제2 다결정 실리콘층(230)을 형성한다.
- [96] 상기 선형 전자빔은 조사시간이 100초이고, RF 파워는 320W이며, 제2 비정질 실리콘층(230a) 형성 단계의 공정압력(S41)은 3×10^{-4} torr이고, 공정온도는 500°C일 수 있다.
- [97] 도 4f에 도시된 바와 같이, 도핑층(240) 형성 단계(S61)에서는, 상기 제2 다결정 실리콘층(230)의 표면에 n+형 또는 p+형 불순물을 이온 주입함으로써, 상기 제1 다결정 실리콘층(220) 또는 상기 제2 다결정 실리콘층(230)과 도전형이 반대인 도핑층(240)을 형성한다. 이러한 도핑층(240)은 대체로 100nm~200nm로 형성할 수 있으나, 이러한 두께로 본 발명을 한정하는 것은 아니다. 물론, 이러한 도핑층(240)의 형성 대신 n+형 또는 p+형 불순물이 포함된 비정질 실리콘층이 형성되어도 좋다.
- [98] 도 4g에 도시된 바와 같이, 전극(261, 262) 형성 단계(S71)에서는, 상기 제1 다결정 실리콘층(220) 및 상기 도핑층(240)에 각각 전극(261, 262)을 형성함으로써, 태양전지(200)를 완성한다. 여기서, 상기 도핑층(240)에는 투명 도전층 또는 반사 방지층(250)이 더 형성될 수 있다.
- [99] 도 5는 비정질 실리콘층에 선형 전자빔을 리니어 스캔 방식으로 조사하여 다결정 실리콘층을 형성하는 과정을 도시한 도면이다.
- [100] 상기 다결정 실리콘층(220, 230)을 형성하기 위하여, 비정질 실리콘층(220a, 230a)을 10cm x 10cm 크기의 기판(210) 위에 물리기상 증착법으로 형성한 후,

압력이 3.0×10^{-4} Torr, RF 파워가 320W, 선형 전자빔 세기가 4keV, 및 스캔속도가 10cm/sec의 결정화 공정 조건에서 선형 전자빔을 대략 100초간 왕복 2회 조사한 결과를 하기도 6 내지 도 9에 도시한 방법으로 분석한다.

[101] 도 6은 상기 선형 전자빔 조사에 따른 XRD(X-ray Diffraction) 결과를 도시한 그래프이다. 여기서, X축은 각도이고, Y축은 세기이다.

[102] 도 6에 도시된 바와 같이, 전체적으로 비정질 실리콘층(220a, 230a)의 얇은 두께에 의하여 XRD의 결정성이 약하게 보이고 있지만, Si(111) 방향으로 성장함을 관찰할 수 있으며, 시간이 지나면서 점점 강해짐을 볼 수 있다. 더불어, 다른 방향의 다결정 실리콘 피크는 보이지 않는다.

[103] 도 7은 선형 전자빔 조사에 따른 라만(Raman) 분석법에 의한 결정화도를 도시한 그래프이다. 여기서, x축은 선형 전자빔의 파장 크기이고, y축은 선형 전자빔의 파장 크기에 따른 라만 쉬프트를 나타내는 것이다.

[104] 도 7에 도시된 바와 같이, 본 발명의 다결정 실리콘 박막 태양전지의 제조방법에서 선형 전자빔을 통하여 결정화되는 비정질 실리콘층의 결정화도에 대한 라만(Raman) 분석을 살펴보면, 비정질 실리콘층이 결정화 전에는 470cm^{-1} 에서 피크값을 가지고, 결정화 후에는 520cm^{-1} 에서 피크값을 가지는 것으로 관찰되었다. 즉, 선형 전자빔에 의하여 결정화된 비정질 실리콘층의 결정화도(즉, 결정화 피크값)은 520cm^{-1} 에서 470cm^{-1} 에 비하여 현저하게 커지는 것을 알 수 있다.

[105] 도 8은 선형 전자빔 조사에 따른 결정화 분율의 계산을 위한 Peak Fit 분석도이다.

[106] 도 8에 도시된 바와 같이, 선형 전자빔 조사에 따른 결정화 분율을 Peak Fit 분석을 통하여 계산한 결과, 아래 수학적 식 1에서와 같이 대략 96.5% 이상인 것으로 계산되었다.

[107] 수학적 식 1

$$R_c = \frac{I_{510\text{cm}^{-1}} + I_{520\text{cm}^{-1}}}{I_{510\text{cm}^{-1}} + I_{520\text{cm}^{-1}} + I_{480\text{cm}^{-1}}} = \frac{752.631579 + 7052.63158}{752.631579 + 7052.63158 + 278.947368} \approx 0.96549$$

[108] 여기서, R_c 는 결정화 분율이고, I_x 는 x파장에서의 결정화 피크값을 나타낸다.

[109] 도 9는 선형 전자빔 조사에 따라 결정화된 부분의 TEM 분석도이다.

[110] 도 9에 도시된 바와 같이, 선형 전자빔 조사에 따라 결정화된 부분을 TEM 분석으로 살펴보면, 200nm의 결정립이 형성됨을 확인할 수 있다.

[111] 도 10은 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 플라즈마 화학기상 증착법으로 형성된 대면적 수소화된 비정질 실리콘 박막의 선형 전자빔을 이용한 결정화방법에서 이용되는 플라즈마 화학기상 증착장치의 개략적인 구성을 나타내는 도면이고, 도 11a 및 11b는 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 플라즈마 화학기상 증착법으로 형성된 대면적 수소화된 비정질 실리콘 박막의 선형 전자빔을 이용한 결정화방법에서 이용되는 전자빔 조사장치의 개략적인 구성을

나타내는 도면이다.

- [112] 도 10에 도시된 바와 같이, 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 플라즈마 화학기상 증착법으로 형성된 대면적 수소화된 비정질 실리콘 박막의 선형 전자빔을 이용한 결정화방법에서 이용되는 플라즈마 화학기상 증착장치(PECVD; Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition)(310)는 챔버(chamber)(311), 상부전극(312), 샤워 헤드(shower head)(313) 및 서셉터(susceptor)(314)를포함한다.
- [113] 상기 챔버(311)는 배기구(311b)를 구비하고 있다.
- [114] 상기 챔버(311)는 챔버(311)의 내부와 외부로 공간적으로 분리하여 챔버(311)의 내부가 진공 상태를 유지하도록 하는 역할을 한다.
- [115] 상기 상부전극(312)는 챔버(311)의 상단부에 구비된다.
- [116] 상기 상부전극(312)는 전원공급부로부터 공급받은 전원으로 챔버(311) 내부에 고밀도 플라즈마를 발생시키는 역할을 한다. 특히, 상기 전원공급부는 상부전극(312)에 13.5MHz의 RF를 인가하여 챔버(311) 내부에 고밀도 플라즈마가 발생되도록 한다.
- [117] 상기 배기구(311b)는 진공 펌프(미도시)와 연결되어 있어 챔버(311) 내부에서 기체 등을 배기하여 챔버(311) 내부를 일정 진공 상태로 배기하거나 일정 진공 상태를 유지하도록 하는 역할을 한다.
- [118] 상기 샤워 헤드(313)는 챔버(311) 외부에 구비된 가스 공급부(미도시)로부터 가스를 공급받아 챔버(311) 내부에 균일하게 공급하는 역할을 한다.
- [119] 상기 서셉터(314)는 기판(315)을 지지하는 역할을 한다.
- [120] 상기 서셉터(314)는 도 10에서 자세히 도시하고 있지 않지만 그 내부 또는 외부에 기판(315)을 일정 온도로 가열하는 가열 부재 및 기판(315)을 냉각할 수 있는 냉각 부재 또한 구비할 수 있다.
- [121] 상기 서셉터(314)는 기판(315)과 샤워 헤드(313)의 간격이 일정 간격, 바람직하게는 23cm가 되는 위치에 구비되도록 한다.
- [122] 도 11a 및 11b에 도시된 바와 같이, 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 플라즈마 화학기상 증착법으로 형성된 대면적 수소화된 비정질 실리콘 박막의 선형 전자빔을 이용한 결정화방법에서 이용되는 전자빔 조사장치(320)는 챔버(321), 상부전극(322), 가스유입구(323), 그리드 렌즈(Grid lens, 324), 안테나(325) 및 전원공급부(326)를 포함한다. 도 11a는 전자빔 조사장치 내부에서 고밀도 플라즈마가 형성되는 상태를 나타내는 도면이고, 도 11b는 도 11a에서 발생된 고밀도 플라즈마를 통하여 전자빔이 생성되는 상태를 나타내는 도면이다.
- [123] 상기 챔버(321)는 챔버(321)의 내부와 외부로 공간적으로 분리하여 챔버(321)의 내부가 진공 상태를 유지하도록 하고, 전자빔이 조사될 실리콘층이 형성된 기판(미도시)이 구비되어 있다.
- [124] 상기 상부전극(322)은 챔버(321)의 상단부에 구비되어, 전원공급부(326)로부터 공급받은 전원(예를 들면, RF 바이어스)으로 챔버(321) 내부에서 고밀도 플라즈마를 발생시킨다. 상기 챔버(321)의 내부에서는 고밀도 플라즈마를

통하여 가스유입구(323)로부터 유입된 아르곤 가스를 아르곤 이온과 전자로 분리한다.

- [125] 상기 안테나(325)는 챔버(321) 내부에서 분리된 아르곤 이온(A)과 전자(E) 중에서 전자만으로 이루어진 전자빔을 생성한다.
- [126] 이와 같이 생성된 전자빔은 그리드 렌즈(324)를 통하여 기관 상에 형성되는 비정질 실리콘층(미도시) 상에 조사되어 비정질 실리콘층을 결정화시키게 된다.
- [127] 도 12는 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 플라즈마 화학기상 증착법으로 형성된 대면적 수소화된 비정질 실리콘 박막의 선형 전자빔을 이용한 결정화방법을 나타내는 순서도이다.
- [128] 도 12에 도시된 바와 같이, 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 플라즈마 화학기상 증착법으로 형성된 대면적 수소화된 비정질 실리콘 박막의 선형 전자빔을 이용한 결정화방법은, 도 10의 플라즈마 화학기상 증착장치를 이용하여 기관 상에 형성된 대면적 수소화된 비정질 실리콘층 상에 선형 전자빔을 조사하여 수소화된 비정질 실리콘층을 결정화한다. 이를 위하여, 본 결정화 방법은 기관 준비 단계(S101), 수소화 비정질 실리콘층 형성단계(S201) 및 다결정 실리콘층 형성단계(S301)를 포함한다.
- [129] 한편, 상기 기관 준비 단계(S101), 수소화 비정질 실리콘층 형성단계(S201), 및 다결정 실리콘층 형성단계(S301)는 기관 준비 단계(S100), 제1+형 수소화 비정질 실리콘층 형성단계(S200) 및 제1형 수소화 비정질 실리콘층 형성단계(S300), 및 흡수층 형성단계(S400)와 각각 대응되는 단계로서, 이에 관하여는 도 14a 내지 도 14g에 관한 설명에서 보다 상세하게 다루기로 한다.
- [130] 도 13은 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 플라즈마 화학기상 증착법으로 형성된 대면적 수소화된 비정질 실리콘 박막의 선형 전자빔을 이용한 결정화방법을 포함하는 다결정 실리콘 박막 태양전지의 제조방법을 나타내는 순서도이다.
- [131] 도 13에 도시된 바와 같이, 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 플라즈마 화학기상 증착법으로 형성된 대면적 수소화된 비정질 실리콘 박막의 선형 전자빔을 이용한 결정화방법을 포함하는 다결정 실리콘 박막 태양전지의 제조방법은, 기관 준비 단계(S100), 제1+형 수소화 비정질 실리콘층 형성단계(S200), 제1형 수소화 비정질 실리콘층 형성단계(S300), 흡수층 형성단계(S400), 제2형 수소화 비정질 실리콘층 형성단계(S500), 에미터층 형성단계(S600) 및 전극 형성 단계(S700)를 포함한다.
- [132] 도 14a 내지 도 14g는 본 발명의 다른 실시예에 따른 플라즈마 화학기상 증착법으로 형성된 대면적 수소화된 비정질 실리콘 박막의 선형 전자빔을 이용한 결정화방법을 포함하는 다결정 실리콘 박막 태양전지의 제조방법을 순차적으로 도시한 도면이다.
- [133] 한편, 본 실시예에서의 제1형은 P형이고, 제2형은 N형이다. 이와는 반대로 제1형은 N형이고, 제2형은 P형일 수 있다.

- [134] 또한, "+"로 표시되는 제1형 또는 제2형은 P형 또는 N형의 도펀트가 도핑된 정도를 나타내는 것으로 "+" 표시가 없는 제1형 또는 제2형 보다 "+" 표시가 있는 제1형 또는 제2형이 더 많은 도펀트가 도핑되어 있는 것을 의미한다.
- [135] 도 14a에 도시된 바와 같이, 상기 기판 준비 단계(S100)에서는, 대략 평평한 기판을 준비한다. 즉, 이러한 기판은 유리 기판 또는 금속 포일 등과 같이 저가형의 기판일 수 있다. 예를 들어, 상기 기판(410)이 유리 기판으로 이루어지는 경우에는 공정에 직접적인 영향을 미치는 연화점(softening point), 어닐링점(annealing point) 및 스트레인점(strain point)이 각각 975°C, 721°C 및 666°C로서 다른 글래스에 비해 우수한 코닝계 1737F 글래스가 기판(410)으로 이용될 수 있다.
- [136] 또한, 상기 기판(410)이 유리 기판으로 이루어지는 경우에는 기판(410) 상에 제2 전극층(미도시)이 형성될 수 있다. 이때, 상기 제2 전극층은 알루미늄 등과 같은 도전성 물질로 이루어질 수 있다.
- [137] 또한, 상기 기판(410)이 금속 포일 기판으로 이루어지는 경우에는 기판(410) 상에 구비된 제1+형 비정질 실리콘층(430)과의 절연을 위해 기판(410)과 제1+형 비정질 실리콘층(430) 사이에 절연층(미도시)을 구비할 수 있다. 이하 본 실시예에서는, 상기 기판(410)이 금속 포일로 이루어지는 것을 일 예로 하여 설명하기로 한다.
- [138] 더불어, 상기 기판(410)에는 클리닝 공정이 수행될 수 있다. 일례로, 아세톤, IPA(Isopropyl Alcohol), 메탄올 용액에 초음파로 기판(410)을 각각 10분씩 클리닝한 후 DI 워터(DeIonized water)로 5회 린스(rinse)하고, 이어서 질소 가스로 건조(N₂ blowing)하는 단계가 수행될 수 있다.
- [139] 여기서, 상기 기판(410)에는 미리 버퍼층(420)(산화막 또는 질화막)이 형성될 수 있으며, 이러한 버퍼층(420)은 비정질 실리콘층이 기판(410)에 더욱 잘 증착되도록 하고, 또한 기판(410)으로부터의 오염 물질이 비정질 실리콘층 또는 다결정 실리콘층으로 이동하지 못하도록 하는 역할을 한다. 물론, 경우에 따라 상기 버퍼층(420)은 형성되지 않을 수도 있다.
- [140] 도시되어 있지는 않지만, 상기 기판(410)과 버퍼층(420) 사이에는 버퍼층(420)에서 기판(410)으로의 열 이동을 막기 위하여 보호층이 형성될 수 있으며, 이러한 보호층은 SiO₂를 포함할 수 있다. 이러한 보호층의 형성방법은 특별히 제한되지 않으나, 예를 들어, 스퍼터(Sputter), 이베포레이터(Evaporator)를 이용할 수 있다.
- [141] 도 14b에 도시된 바와 같이, 상기 제1+형 수소화 비정질 실리콘층 형성단계(S200)에서는, 기판(410) 또는 버퍼층(220) 상에 PECVD(Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition)에 의해 제1+형 수소화 비정질 실리콘층(230)을 수직 방향으로 대략 100~350nm의 두께로 증착한다. 여기서, 상기 제1+형 수소화 비정질 실리콘층(430)은 보론이 도핑된 수소화 비정질 실리콘층, 즉 a-Si:H층으로 구비될 수 있다. 또한, 상기 제1+형 수소화 비정질

실리콘층(430)은 보론이 도핑된 수소화 미세 결정질 실리콘층, 즉 $\mu\text{c-Si:H}$ 층으로 구비될 수 있다. 이러한 제1+형 수소화 비정질 실리콘층(430)은 도 10을 참조하여 설명한 플라즈마 화학기상 증착 장치(Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition)를 이용한 플라즈마 화학기상 증착법으로 형성할 수 있다. 상기 제1+형 수소화 비정질 실리콘층(430)은 실리콘의 전구체인 실란(silane; SiH_4) 가스를 플라즈마로 이온시켜 실리콘 이온을 추출한 다음, 이를 기판 상에 조사하는 플라즈마 방식을 통하여 기판(410) 상에 형성될 수 있다. 상기 제1+형 수소화 비정질 실리콘층(430)은 제1형이 고농도로 도핑되어 추후 결정화되어 후면전계층의 역할을 한다.

- [142] 도 14c에 도시된 바와 같이, 상기 제1형 수소화 비정질 실리콘층 형성단계(S300)에서는, 제1+형 수소화 비정질 실리콘층(430) 상에 제1형 수소화 비정질 실리콘층(440a)을 증착한다. 즉, 상기 제1형 수소화 비정질 실리콘층(440a)은 제1+형 비정질 실리콘층(430) 상에 플라즈마 화학 기상 증착장치를 이용한 플라즈마 화학기상 증착법에 의해 제1형 비정질 실리콘층(440a)을 수직 방향으로 대략 $2\mu\text{m}$ 의 두께로 증착한다. 여기서, 상기 제1형 수소화 비정질 실리콘층(440a)은 보론이 도핑된 수소화 비정질 실리콘층, 즉 a-Si:H 층으로 구비될 수 있다. 또한, 상기 제1형 수소화 비정질 실리콘층(440a)은 보론이 도핑된 수소화 미세 결정질 실리콘층, 즉 $\mu\text{c-Si:H}$ 층으로 구비될 수 있다. 이러한 제1형 수소화 비정질 실리콘층(440a)은 도 10을 참조하여 설명한 플라즈마 화학기상 증착 장치를 이용하여 형성할 수 있다. 상기 제1형 수소화 비정질 실리콘층(440a)은 실리콘의 전구체인 실란(silane; SiH_4) 가스를 플라즈마로 이온시켜 실리콘 이온을 추출한 다음, 이를 기판 상에 조사하는 플라즈마 방식을 통하여 기판 상에 형성될 수 있다. 또한, 상기 제1형 수소화 비정질 실리콘층(440a)은 공정 압력이 100 내지 500mtorr으로, 공정 파워는 25 내지 100W이며, 공정 온도는 150 내지 300도의 공정 조건 하에서 형성될 수 있다. 본 발명에서는, 상기 제1+형 수소화 비정질 실리콘층(430)과 제1형 수소화 비정질 실리콘층(440a)에서의 보론의 도핑 농도를 플라즈마 화학기상 증착 장치를 통한 플라즈마 화학기상 증착법에 의하여 다양하게 조절할 수 있고, 이를 통하여 고품질의 미세결정 또는 다결정 실리콘층으로 형성할 수 있다.

- [143] 도 14d에 도시된 바와 같이, 상기 흡수층 형성단계(S400)에서는, 제1형 수소화 비정질 실리콘층(440a)에 선형 전자빔을 조사함으로써 제1+형 수소화 비정질 실리콘층(430)과 제1형 수소화 비정질 실리콘층(440a)을 다결정질 실리콘으로 결정화하여 흡수층(440)을 형성한다. 이러한 흡수층(440)은 도 11a 및 11b를 참조하여 설명한 전자빔 조사 장치를 이용하여 형성할 수 있다. 상기 전자빔은 종래와 같이 필라멘트에 전류를 인가하여 나오는 열전자를 자기장으로 가속시켜 얻어진 것이 아니다. 즉, 상기 전자빔은 고밀도 플라즈마 형성을 통하여 아르곤 가스를 아르곤 이온과 전자로 분리하고, 분리된 아르곤 이온과

전자 중에서 전자만으로 이루어진 것이다.

- [144] 여기서, 열전자로부터 얻은 전자빔은, 텅스텐과 같은 필라멘트에 전류를 가하여 발생하는 전자로서, 필라멘트의 열화에 의해 전자의 농도나 개수가 달라질 수 있고, 또한 고밀도의 전자 클러스터를 얻기가 쉽지 않다. 그러나, 플라즈마를 이용하는 방법으로서 축적 결합 플라즈마(CCP)나 유도 결합 플라즈마(ICP)는 아르곤과 같은 불활성 가스를 전기장을 이용하여 아르곤 이온과 전자로 분리하여 전자빔을 얻는 것으로서, CCP에 비해 ICP가 대략 100배 높은 고밀도 전자 농도를 얻을 수 있다. 따라서, 주기적인 교체 시기가 필라멘트 열전자 방식에 비해 더 길고, 고밀도 전자 농도를 형성함으로써 전자빔의 세기를 쉽게 조절할 수 있는 예를 들면 ICP로부터 얻는 전자빔을 이용한다.
- [145] 더욱이, 이러한 선형 전자빔은 스팟 스캐닝(spot-scanning) 방식이 아닌 그리드 렌즈(grid lens)를 이용하여 리니어 스캔(linear scan) 방식으로 동작할 수 있어, 대략 10cm/min의 속도로 제1형 수소화 비정질 실리콘층(440a)을 빠르게 스캔할 수 있다.
- [146] 따라서, 본 실시예에 따른 선형 전자빔 조사 방식은 다결정 실리콘 태양 전지의 제조에 있어 대면적화에 매우 유리하다.
- [147] 한편, 상기 선형 전자빔은, 제1형 수소화 비정질 실리콘층 증착단계(S300)에서 제1형 수소화 비정질 실리콘층(440a)을 PECVD를 이용하여 증착하는 경우, 에너지가 1.5~5keV가 적절하다. 상기 선형 전자빔의 에너지가 1.5keV 미만인 경우에는 결정화 속도 및 결정화 분율이 상대적으로 작고, 상기 선형 전자빔의 에너지가 5keV를 초과할 경우에는 제1형 비정질 실리콘층(440a)의 표면이 식각되어 제거될 수 있다. 이때, 상기 선형 전자빔은 조사 시간이 30초 ~ 120초인 것이 바람직하다.
- [148] 도 14e에 도시된 바와 같이, 제2형 수소화 비정질 실리콘층 형성단계(S500)에서는, 상술한 바와 동일한 방법으로, 상기 결정화된 흡수층(440)에 수직 방향으로 대략 100nm~200nm 두께를 갖는 제2형 수소화 비정질 실리콘층(450a)을 증착한다. 즉, 상기 흡수층(440) 위에 PECVD로 제1+형 수소화 비정질 실리콘층(430) 및 제1형 수소화 비정질 실리콘층(440a)과 도전형이 반대인 제2형 수소화 비정질 실리콘층(450a)을 증착한다. 상기 제2형 수소화 비정질 실리콘층(450a)은 제2형의 불순물이 도핑된 수소화 비정질 카바이드 실리콘층, 즉, 제2형 a-SiC:H층으로 이루어질 수 있다. 또한 상기 제2형 수소화 비정질 실리콘층(450a)은 제2형 불순물이 도핑된 수소화 비정질 실리콘층 즉, P a-Si:H층으로 이루어질 수 있다.
- [149] 도 14f에 도시된 바와 같이, 상기 에미터층 형성단계(S600)에서는, 제2형 수소화 비정질 실리콘층(450a)에 선형 전자빔을 조사함으로써 다결정질 실리콘으로 결정화하여 에미터층(450)을 형성한다. 상기 선형 전자빔은 상술한 바와 같이 고밀도 플라즈마 형성을 통하여 아르곤 가스를 아르곤 이온과 전자로 분리하고, 분리된 아르곤 이온과 전자 중에서 전자만으로 이루어진 것일 수

있다. 더불어, 이러한 선형 전자빔은 스폿 스캐닝(spot-scanning) 방식이 아닌 그리드 렌즈(grid lens)를 이용하여 리니어 스캔(linear scan) 방식으로 동작할 수 있어, 대략 10cm/min의 속도로 제2형 수소화 비정질 실리콘층(450a)을 스캔할 수 있다.

- [150] 따라서, 본 실시예에 따른 선형 전자빔 조사 방식은 다결정 실리콘 태양 전지의 대면적화에 매우 유리하다.
- [151] 한편, 상기 선형 전자빔은, 제2형 수소화 비정질 실리콘층 증착단계(S500)에서 제2형 수소화 비정질 실리콘층(450a)을 PECVD를 이용하여 증착하는 경우, 에너지가 1.5~5keV가 적절하다. 상기 선형 전자빔의 에너지가 1.5keV 미만인 경우에는 결정화 속도 및 결정화 분율이 상대적으로 작고, 상기 선형 전자빔의 에너지가 5keV를 초과할 경우에는 제2형 수소화 비정질 실리콘층(450a)의 표면이 식각되어 제거될 수 있다. 이때, 상기 선형 전자빔은 조사 시간이 30초 ~ 120초인 것이 바람직하다.
- [152] 도 14g에 도시된 바와 같이, 상기 전극 형성 단계(S700)에서는, 에미터층(450)의 일부 영역에 접촉하도록 전면전극(471)을 형성하고, 기판(410)에 접촉하도록 후면전극(472)을 형성함으로써, 다결정 실리콘 태양 전지를 완성한다. 여기서, 상기 에미터층(450)에는 투명 도전막(460) 또는 반사방지막(미도시)이 더 형성될 수 있다.
- [153] 도 15는 본 발명의 실시예에 따른 대면적 비정질 실리콘 박막의 선형 전자빔을 이용한 결정화방법에 의한 다결정 실리콘 박막 태양전지의 제조방법에 사용되는 선형 전자빔에 의하여 결정화되기 전 후의 실리콘 박막을 나타내는 사진이다. 도 15에서는 비정질 실리콘 박막의 배면측에 소정의 문자(예를 들어, 'IS'를 위치시킨 뒤, 비정질 실리콘 박막이 결정화되기 전과 후에 비정질 실리콘 박막의 전면측에서 촬영한 사진이 좌측과 우측에 배열되어 있다.
- [154] 도 15를 참조하면, 선형 전자빔에 의하여 결정화되기 전의 실리콘 박막은 빛이 투과되지 않아 후면 측의 문자가 보이지 않은 불투명한 상태가 되는 반면, 선형 전자빔에 의하여 결정화된 후의 실리콘 박막은 빛이 투과되어 후면 측의 문자가 선명하게 보이는 투명한 상태가 됨을 알 수 있다.
- [155] 이상에서 설명한 것은 본 발명에 의한 대면적 비정질 실리콘 박막의 선형 전자빔을 이용한 결정화방법에 의한 다결정 실리콘 박막 태양전지의 제조방법을 실시하기 위한 하나의 실시예에 불과한 것으로서, 본 발명은 상기 실시예에 한정되지 않고, 이하의 특허청구범위에서 청구하는 바와 같이 본 발명의 요지를 벗어남이 없이 당해 발명이 속하는 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 누구든지 다양한 변경 실시가 가능한 범위까지 본 발명의 기술적 정신이 있다고 할 것이다.

청구범위

- [청구항 1] 기판을 준비하는 기판 준비 단계;
 상기 기판 상에 제1+형 비정질 실리콘층을 형성하는 제1+형 비정질 실리콘층 증착단계;
 상기 제1+형 비정질 실리콘층 상에 제1형 비정질 실리콘층을 형성하는 제1형 비정질 실리콘층 증착단계;
 상기 제1형 비정질 실리콘층에 선형 전자빔을 조사하여 상기 제1형 비정질 실리콘층과 제1+형 비정질 실리콘층을 결정화하여 흡수층을 형성하는 흡수층 형성단계;
 상기 흡수층 상에 제2형 비정질 실리콘층을 형성하는 제2형 비정질 실리콘층 증착단계; 및
 상기 제2형 비정질 실리콘층에 선형 전자빔을 조사하여 상기 제2형 비정질 실리콘층을 결정화하여 에미터층을 형성하는 에미터층 형성단계를 포함하고,
 상기 선형 전자빔은 상기 제1형 및 제2형 비정질 실리콘층 위에서 일정 구간 왕복운동하는 리니어 스캔 방식으로 조사되는 것을 특징으로 하는 대면적 비정질 실리콘 박막의 선형 전자빔을 이용한 결정화방법에 의한 다결정 실리콘 박막 태양전지의 제조방법.
- [청구항 2] 제1항에 있어서,
 상기 기판 준비 단계에서 상기 기판은 유리 기판 또는 금속 포일인 것을 특징으로 하는 대면적 비정질 실리콘 박막의 선형 전자빔을 이용한 결정화방법에 의한 다결정 실리콘 박막 태양전지의 제조방법.
- [청구항 3] 제1항에 있어서,
 상기 제1형 및 제2형 비정질 실리콘층은 PECVD(Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition)를 통하여 형성되는 것을 특징으로 하는 대면적 비정질 실리콘 박막의 선형 전자빔을 이용한 결정화방법에 의한 다결정 실리콘 박막 태양전지의 제조방법.
- [청구항 4] 제3항에 있어서,
 상기 선형 전자빔은 에너지가 1.5 ~ 5keV이고, 조사시간이 30초 ~ 120초인 것을 특징으로 하는 대면적 비정질 실리콘 박막의 선형 전자빔을 이용한 결정화방법에 의한 다결정 실리콘 박막 태양전지의 제조방법.
- [청구항 5] 제1항에 있어서,
 상기 제1형 및 제2형 비정질 실리콘층은 전자빔 이베퍼레이터(e-beam evaporator)를 통하여 형성되는 것을

특징으로 하는 대면적 비정질 실리콘 박막의 선형 전자빔을 이용한 결정화방법에 의한 다결정 실리콘 박막 태양전지의 제조방법.

[청구항 6]

제5항에 있어서,

상기 선형 전자빔은 에너지가 2.5 ~ 5keV이고, 조사시간이 25 ~ 200초인 것을 특징으로 하는 대면적 비정질 실리콘 박막의 선형 전자빔을 이용한 결정화방법에 의한 다결정 실리콘 박막 태양전지의 제조방법.

[청구항 7]

제1항에 있어서,

상기 제1형 및 제2형 비정질 실리콘층은 물리 기상 증착법을 통하여 형성되는 것을 특징으로 하는 대면적 비정질 실리콘 박막의 선형 전자빔을 이용한 결정화방법에 의한 다결정 실리콘 박막 태양전지의 제조방법.

[청구항 8]

제7항에 있어서,

상기 선형 전자 빔의 세기는 4.0keV이고, RF 파워는 320W이며, 조사 시간은 100초이고, 스캔 속도는 10cm/min인 것을 특징으로 하는 대면적 비정질 실리콘 박막의 선형 전자빔을 이용한 결정화방법에 의한 다결정 실리콘 박막 태양전지의 제조방법.

[청구항 9]

제7항에 있어서,

상기 흡수층 형성 단계와 에미터층 형성 단계에서의 공정 압력은 3×10^{-4} torr이고, 공정 시간은 25 내지 200초인 것을 특징으로 하는 대면적 비정질 실리콘 박막의 선형 전자빔을 이용한 결정화방법에 의한 다결정 실리콘 박막 태양전지의 제조방법.

[청구항 10]

제7항에 있어서,

상기 물리 기상 증착법의 공정 압력은 1.0×10^{-7} Torr이고, 증착속도는 $10 \text{ \AA/s}$ 인 것을 특징으로 하는 대면적 비정질 실리콘 박막의 선형 전자빔을 이용한 결정화방법에 의한 다결정 실리콘 박막 태양전지의 제조방법.

[청구항 11]

제7항에 있어서,

상기 제1+형 비정질 실리콘층은 200nm의 두께로 형성되고, 상기 제1 비정질 실리콘층은 1 내지 1.5 μm 의 두께로 형성되는 것을 특징으로 하는 대면적 비정질 실리콘 박막의 선형 전자빔을 이용한 결정화방법에 의한 다결정 실리콘 박막 태양전지의 제조방법.

[청구항 12]

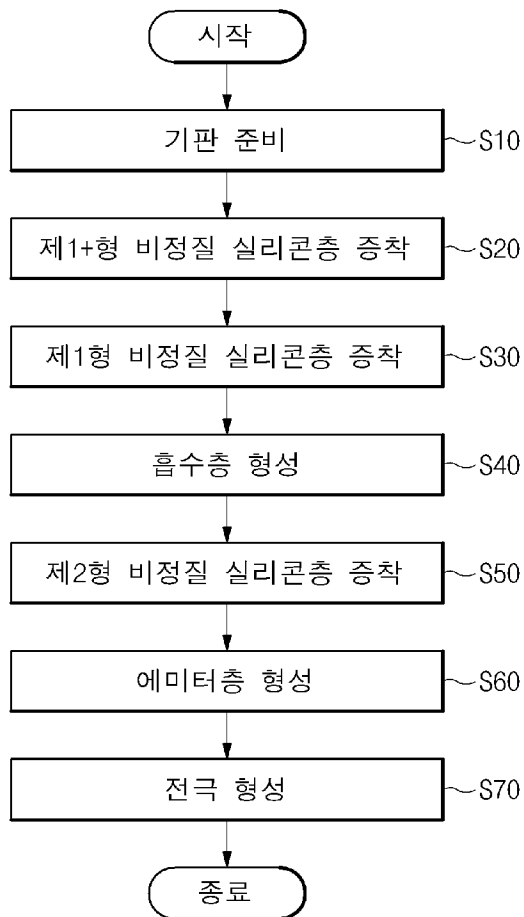
제7항에 있어서,

상기 제2 비정질 실리콘층은 100nm의 두께로 형성되는 것을 특징으로 하는 대면적 비정질 실리콘 박막의 선형 전자빔을 이용한 결정화방법에 의한 다결정 실리콘 박막 태양전지의

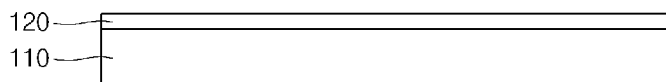
- 제조방법.
- [청구항 13] 제7항에 있어서,
상기 흡수층의 수평방향의 결정립의 크기는 200nm인 것을
특징으로 하는 대면적 비정질 실리콘 박막의 선형 전자빔을
이용한 결정화방법에 의한 다결정 실리콘 박막 태양전지의
제조방법.
- [청구항 14] 제7항에 있어서,
상기 선형 전자빔은 50sccm만큼 주입된 아르곤 가스가
플라즈마에 의해 아르곤 이온과 분리된 전자에 의해 이루어지는
것을 특징으로 하는 대면적 비정질 실리콘 박막의 선형 전자빔을
이용한 결정화방법에 의한 다결정 실리콘 박막 태양전지의
제조방법.
- [청구항 15] 기판을 준비하는 기판 준비 단계;
상기 기판 상에 플라즈마 화학기상 증착법을 통하여 제1+형
수소화 비정질 실리콘층을 증착하는 제1+형 수소화 비정질
실리콘층 증착단계;
상기 제1+형 수소화 비정질 실리콘층 상에 플라즈마 화학기상
증착법을 통하여 제1형 수소화 비정질 실리콘층을 증착하는 제1형
수소화 비정질 실리콘층 증착단계;
상기 제1형 수소화 비정질 실리콘층에 선형 전자빔을 조사하여
상기 제1형 수소화 비정질 실리콘층과 제1+형 수소화 비정질
실리콘층을 결정화하여 흡수층을 형성하는 흡수층 형성단계;
상기 흡수층 상에 플라즈마 화학기상 증착법을 통하여 제2형
수소화 비정질 실리콘층을 증착하는 제2형 수소화 비정질
실리콘층 증착단계; 및
상기 제2형 수소화 비정질 실리콘층에 선형 전자빔을 조사하여
상기 제2형 수소화 비정질 실리콘층을 결정화하여 에미터층을
형성하는 에미터층 형성단계를 포함하고,
상기 선형 전자빔은 상기 제1형 및 제2형 수소화 비정질 실리콘층
위에서 일정 구간 왕복운동하는 리니어 스캔 방식으로 조사되는
것을 특징으로 하는 대면적 비정질 실리콘 박막의 선형 전자빔을
이용한 결정화방법에 의한 다결정 실리콘 박막 태양전지의
제조방법.
- [청구항 16] 제15항에 있어서,
상기 선형 전자빔은 아르곤 가스가 플라즈마에 의해 아르곤
이온과 분리된 전자에 의해 이루어지는 것을 특징으로 하는
대면적 비정질 실리콘 박막의 선형 전자빔을 이용한 결정화방법에
의한 다결정 실리콘 박막 태양전지의 제조방법.

- [청구항 17] 제15항에 있어서,
상기 기판은 유리 기판 또는 금속 포일인 것을 특징으로 하는
대면적 비정질 실리콘 박막의 선형 전자빔을 이용한 결정화방법에
의한 다결정 실리콘 박막 태양전지의 제조방법.
- [청구항 18] 제15항에 있어서,
상기 수소화 비정질 실리콘층은 보론이 도핑되어 있는 것을
특징으로 하는 대면적 비정질 실리콘 박막의 선형 전자빔을
이용한 결정화방법에 의한 다결정 실리콘 박막 태양전지의
제조방법.
- [청구항 19] 제18항에 있어서,
상기 수소화 비정질 실리콘층은 상기 플라즈마 화학기상 증착법을
통하여 상기 보론의 도핑농도가 조절될 수 있는 것을 특징으로
하는 대면적 비정질 실리콘 박막의 선형 전자빔을 이용한
결정화방법에 의한 다결정 실리콘 박막 태양전지의 제조방법.
- [청구항 20] 제15항에 있어서,
상기 수소화 비정질 실리콘층은 공정 압력이 100 내지 500mtorr,
공정 파워는 25 내지 100W, 공정 온도는 150 내지 300도에서
형성되는 것을 특징으로 하는 대면적 비정질 실리콘 박막의 선형
전자빔을 이용한 결정화방법에 의한 다결정 실리콘 박막
태양전지의 제조방법.
- [청구항 21] 제15항에 있어서,
상기 선형 전자빔은 에너지가 1.5 내지 5keV인 것을 특징으로 하는
대면적 비정질 실리콘 박막의 선형 전자빔을 이용한 결정화방법에
의한 다결정 실리콘 박막 태양전지의 제조방법.
- [청구항 22] 제15항에 있어서,
상기 선형 전자빔은 조사시간이 30초 내지 120초인 것을 특징으로
하는 대면적 비정질 실리콘 박막의 선형 전자빔을 이용한
결정화방법에 의한 다결정 실리콘 박막 태양전지의 제조방법.
- [청구항 23] 제15항에 있어서,
상기 선형 전자빔은 상기 기판의 표면에 상기 수소화 비정질
실리콘층이 완전히 형성된 후에 조사되는 것을 특징으로 하는
대면적 비정질 실리콘 박막의 선형 전자빔을 이용한 결정화방법에
의한 다결정 실리콘 박막 태양전지의 제조방법.

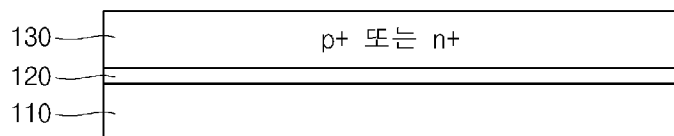
[Fig. 1]



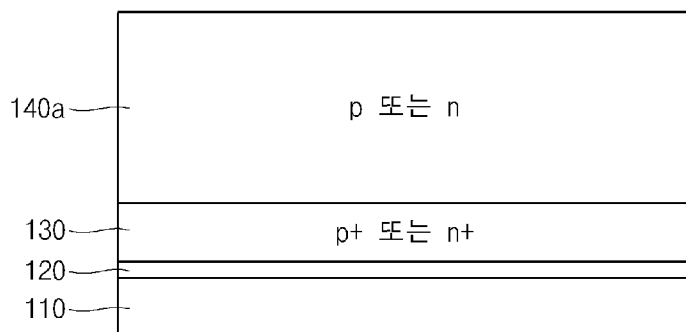
[Fig. 2a]



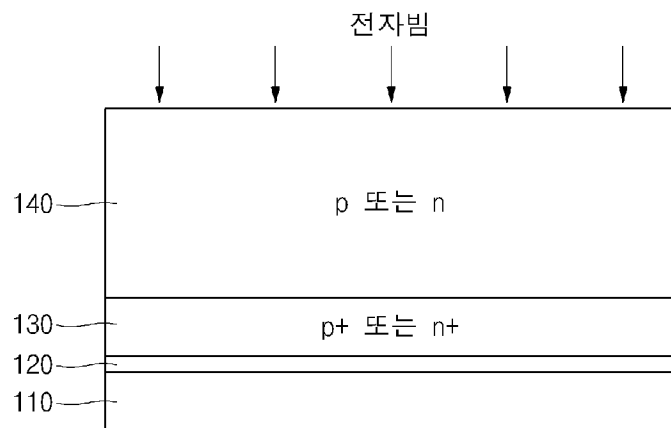
[Fig. 2b]



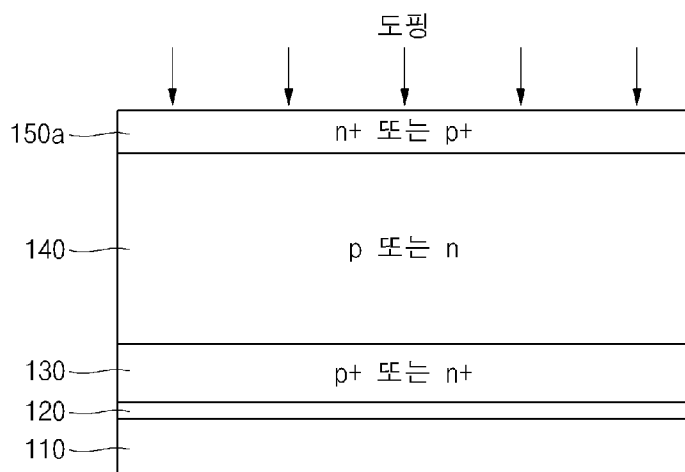
[Fig. 2c]



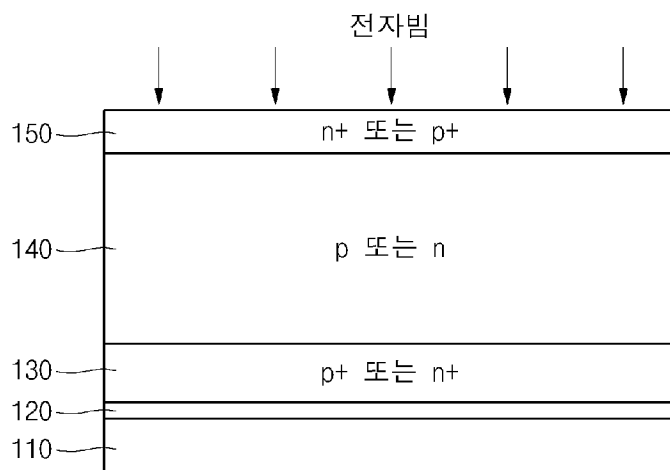
[Fig. 2d]



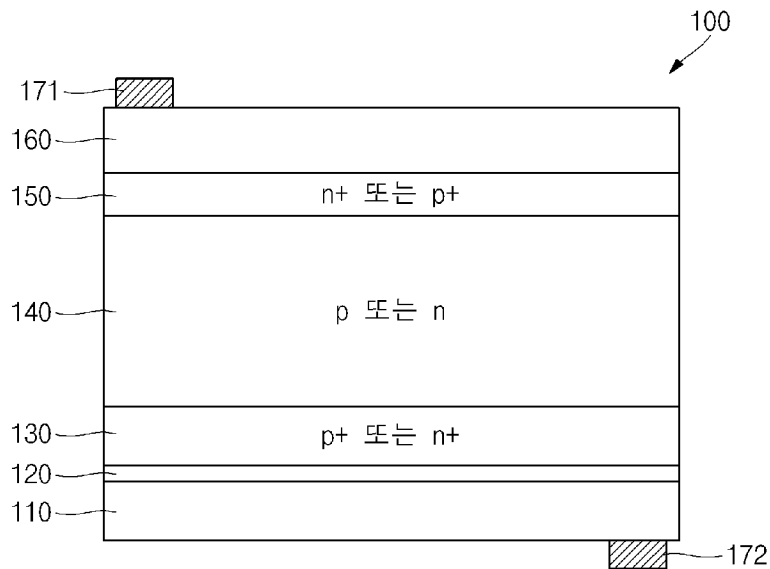
[Fig. 2e]



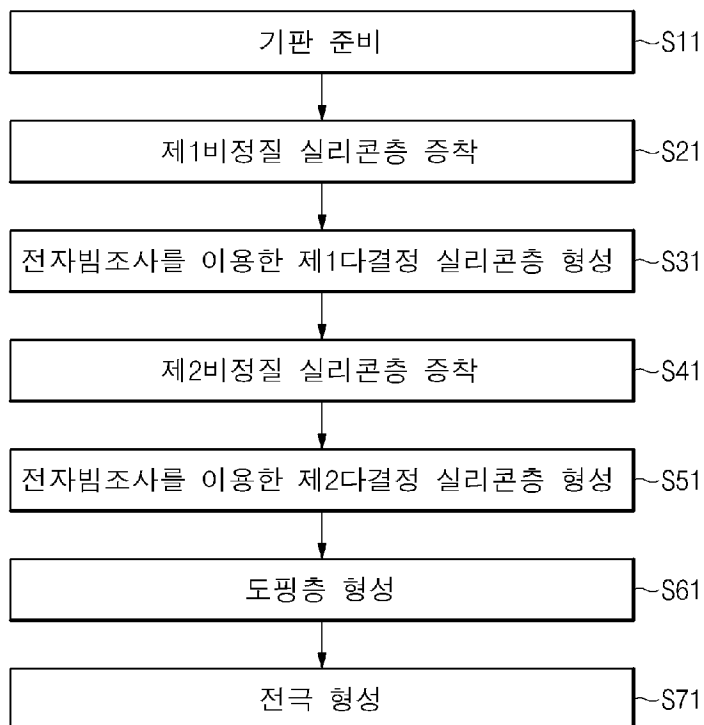
[Fig. 2f]



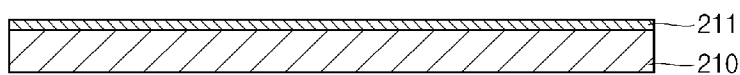
[Fig. 2g]



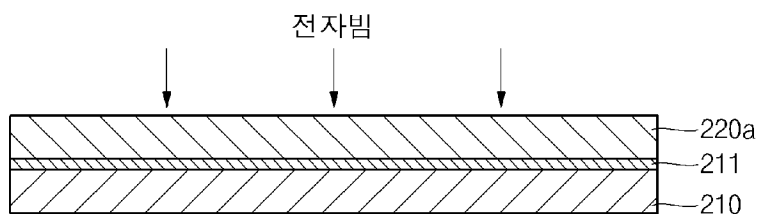
[Fig. 3]



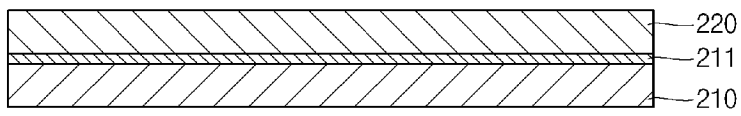
[Fig. 4a]



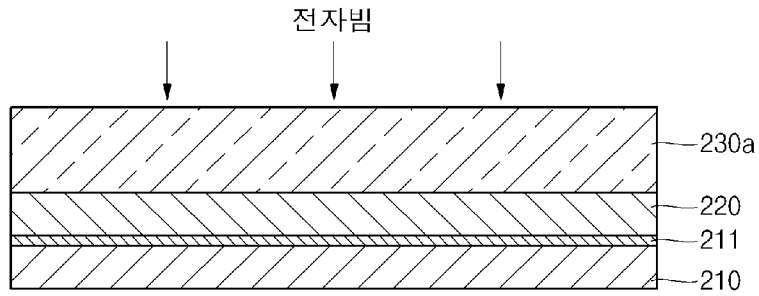
[Fig. 4b]



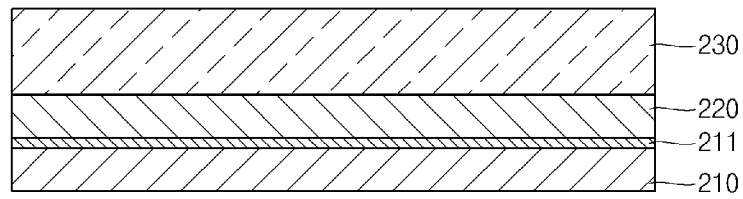
[Fig. 4c]



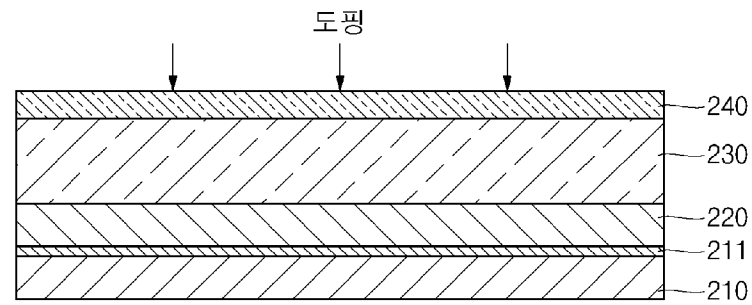
[Fig. 4d]



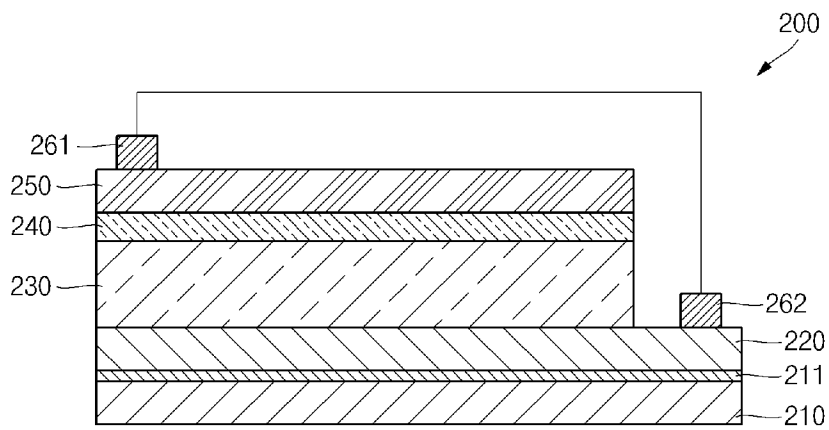
[Fig. 4e]



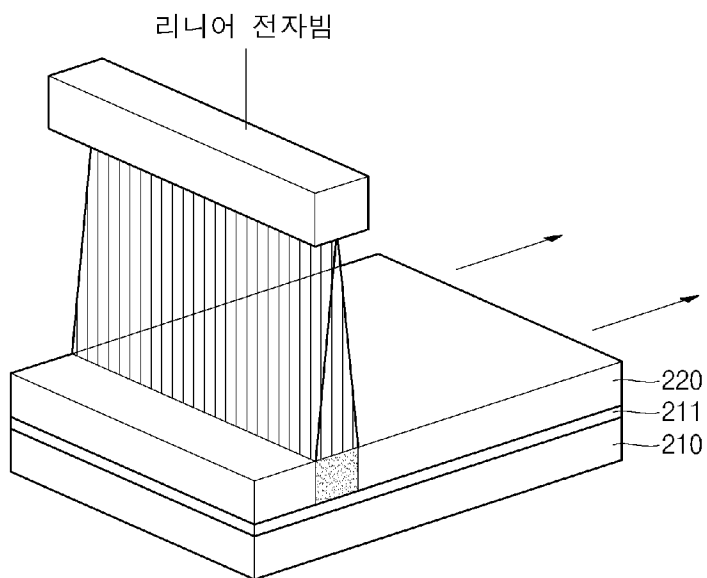
[Fig. 4f]



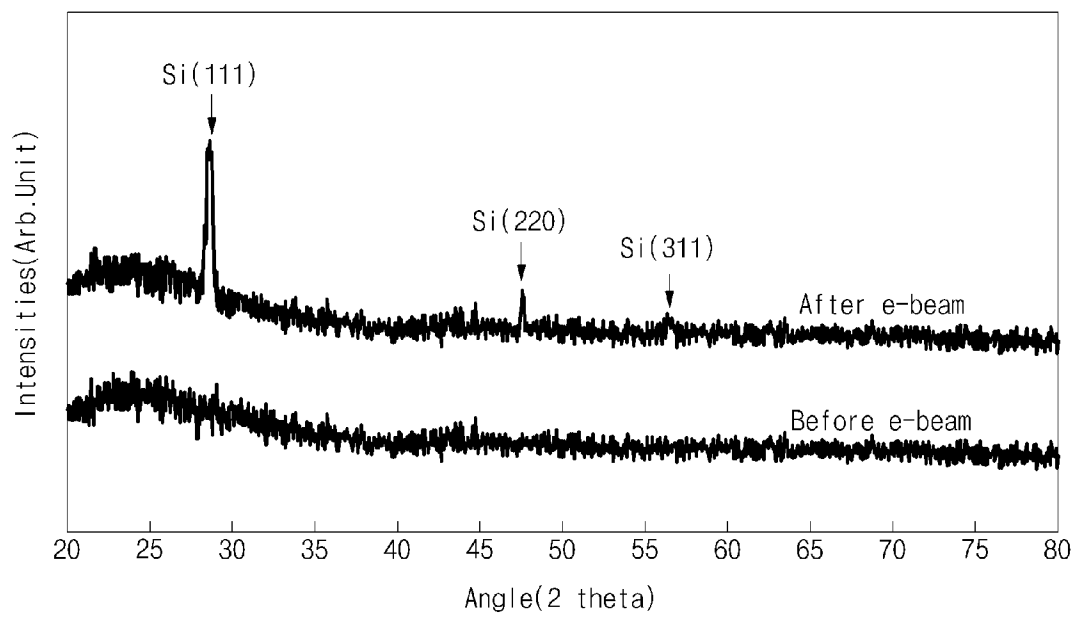
[Fig. 4g]



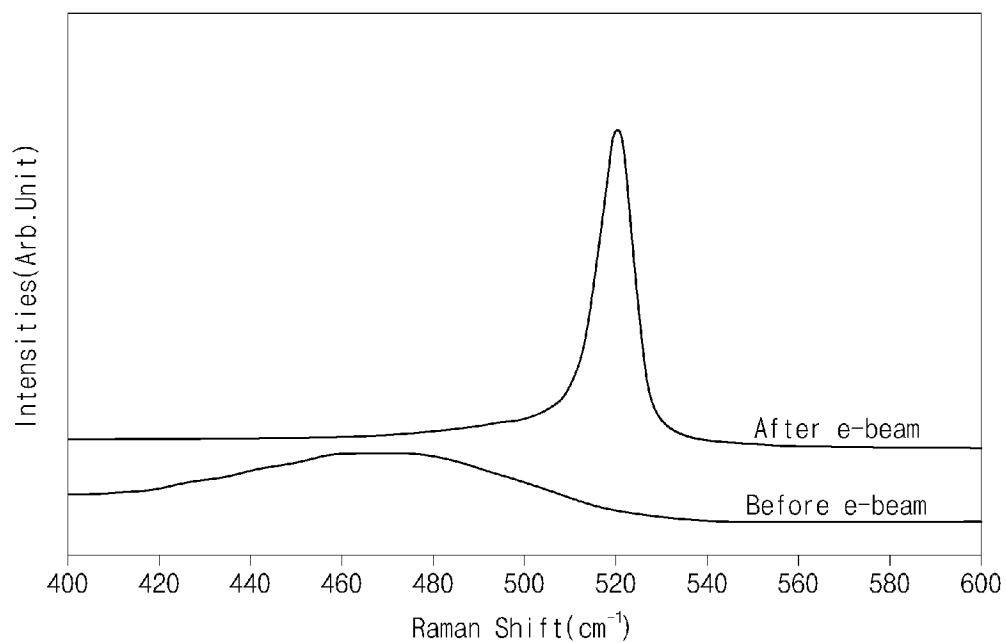
[Fig. 5]



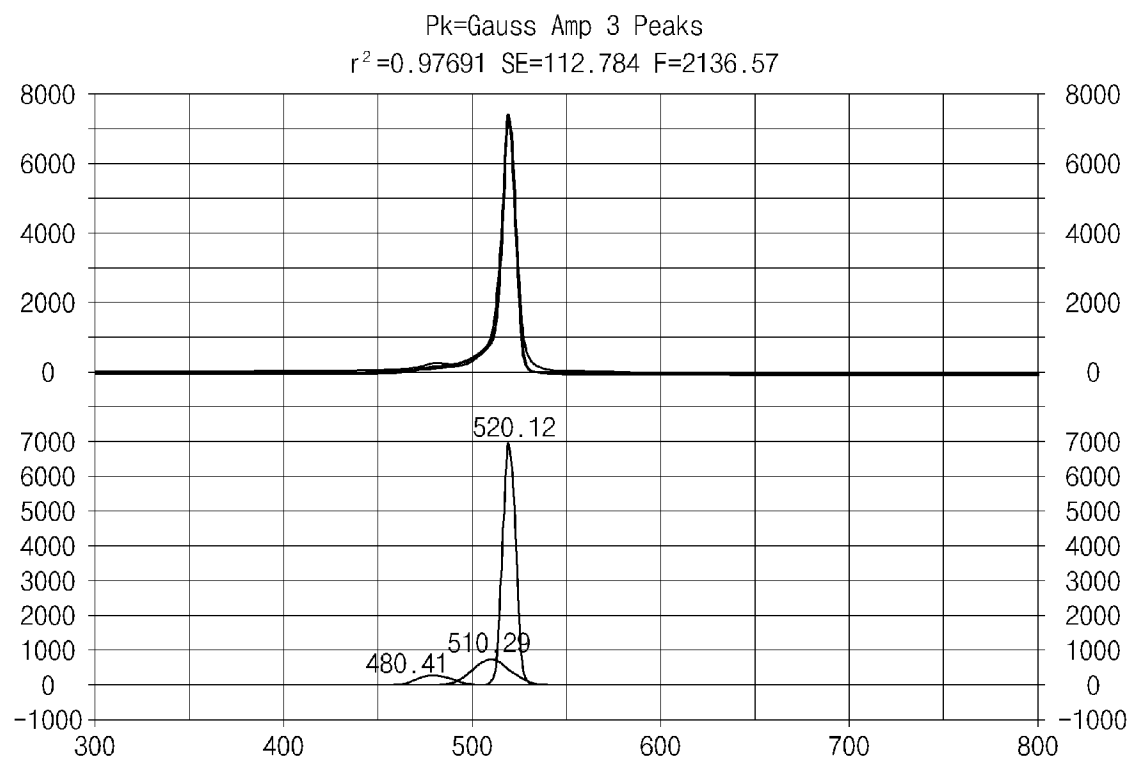
[Fig. 6]



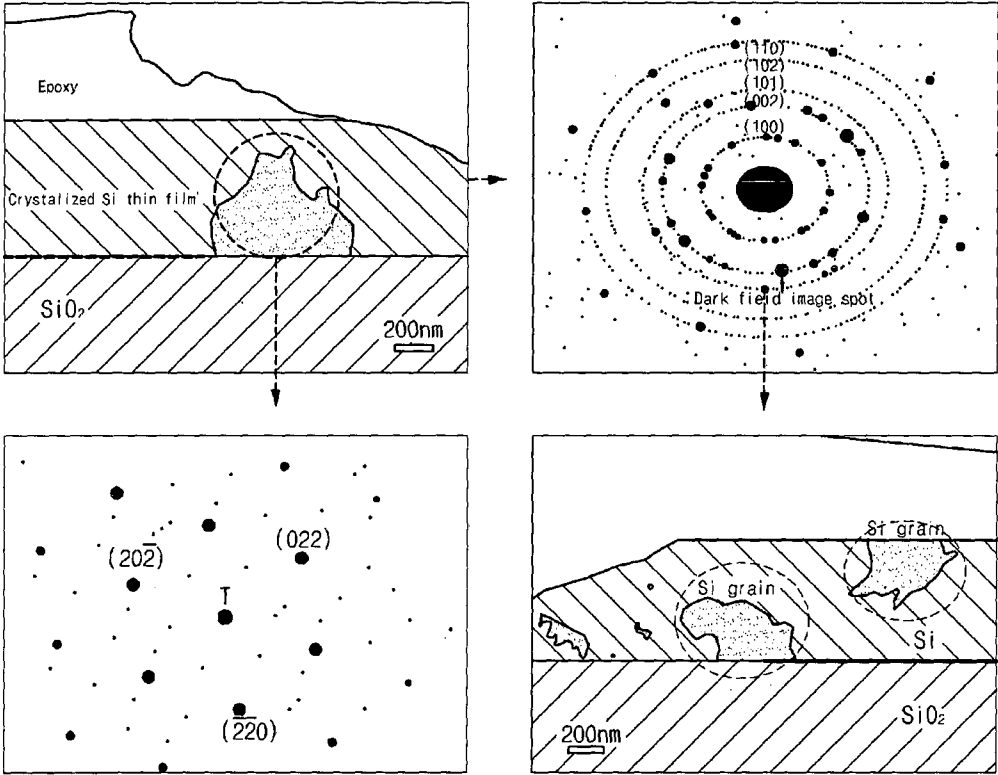
[Fig. 7]



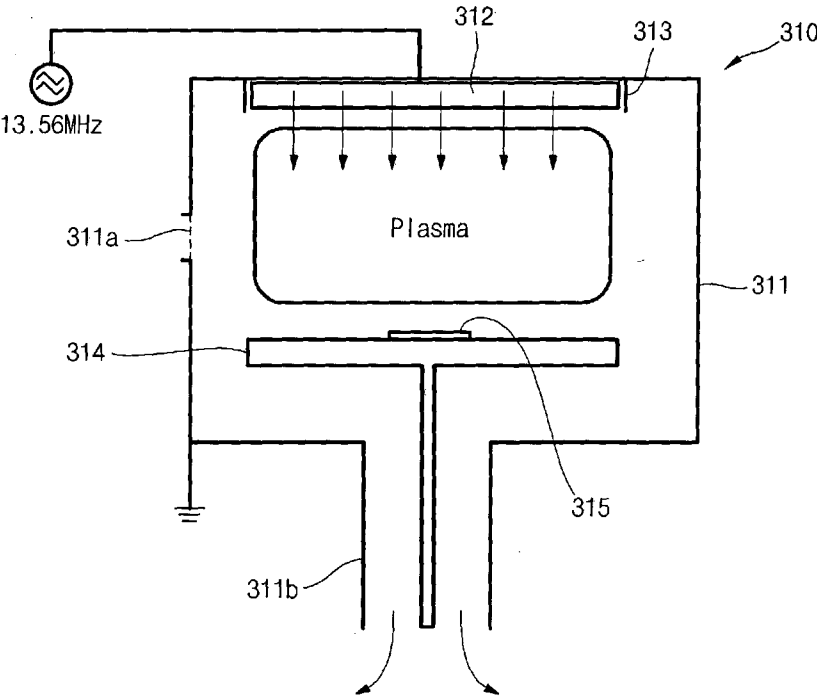
[Fig. 8]



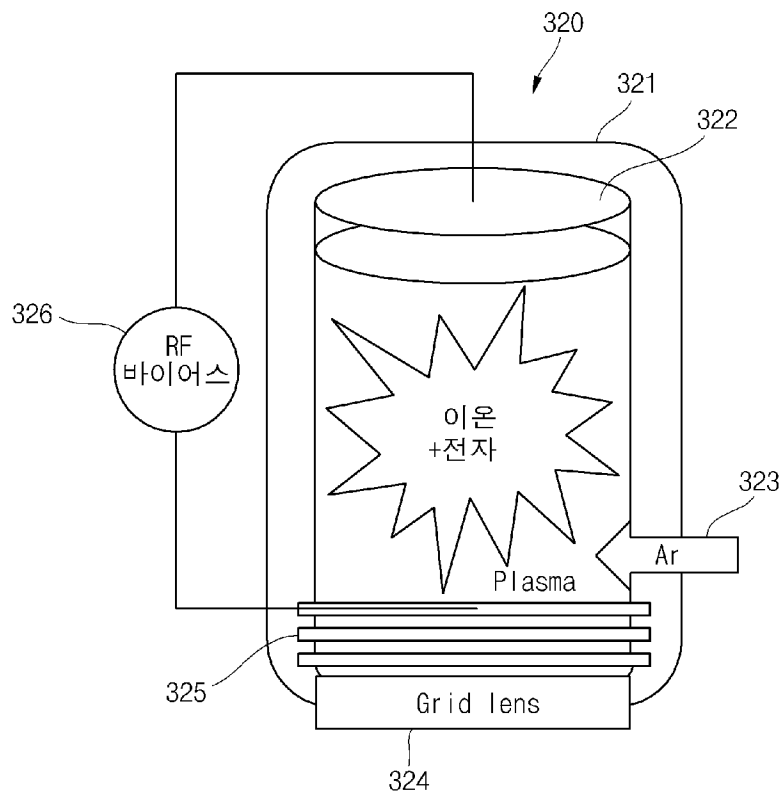
[Fig. 9]



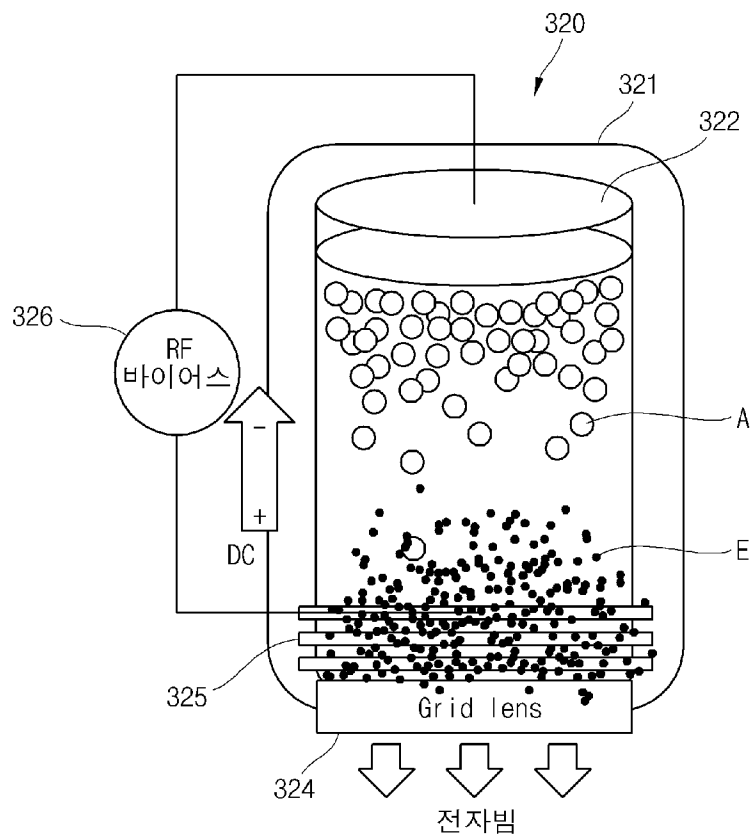
[Fig. 10]



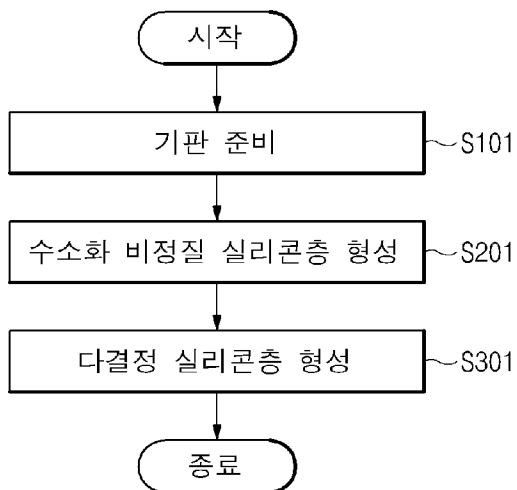
[Fig. 11a]



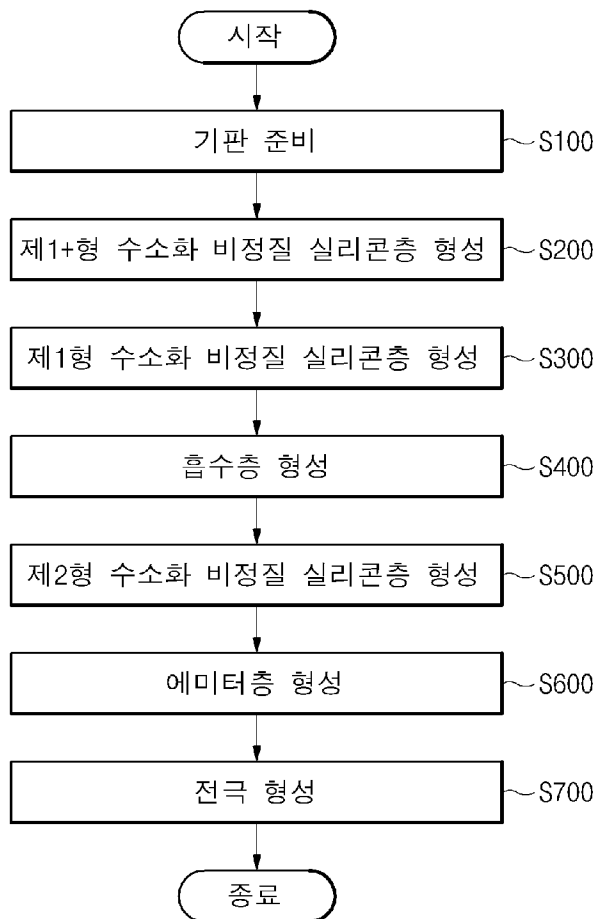
[Fig. 11b]



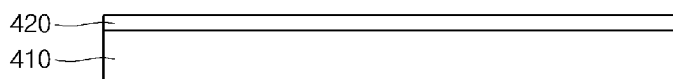
[Fig. 12]



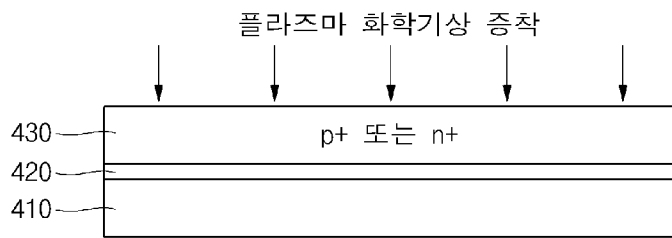
[Fig. 13]



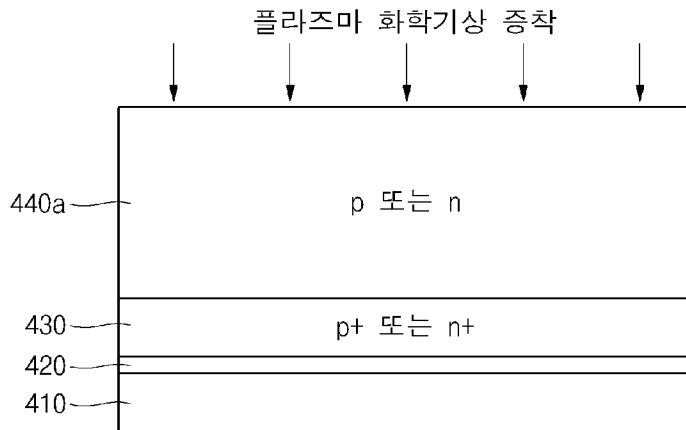
[Fig. 14a]



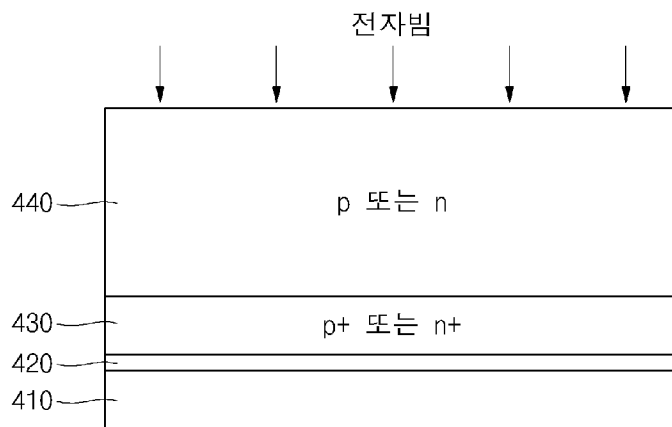
[Fig. 14b]



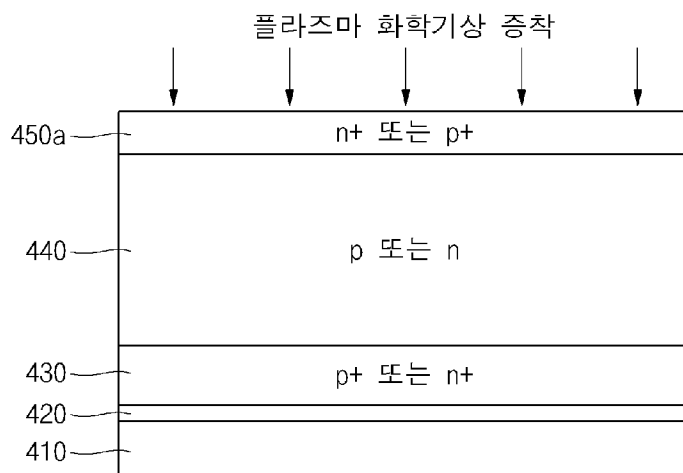
[Fig. 14c]



[Fig. 14d]

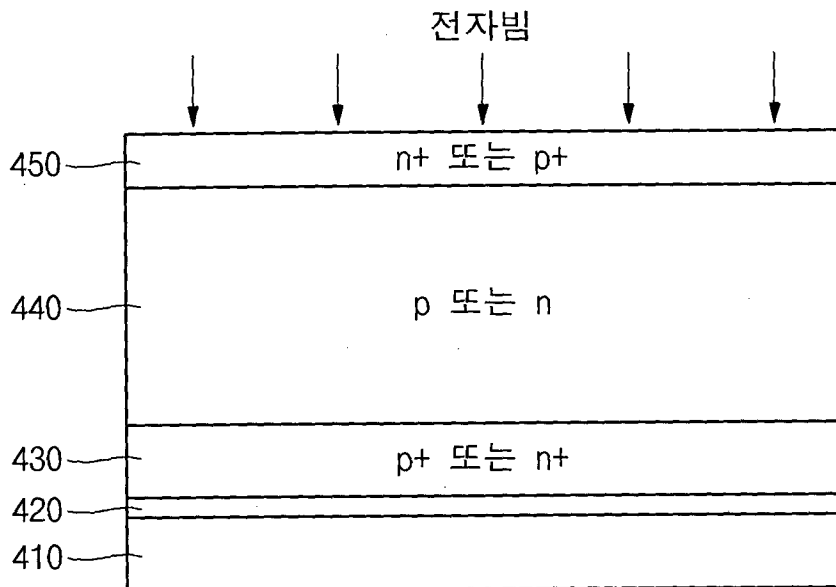


[Fig. 14e]

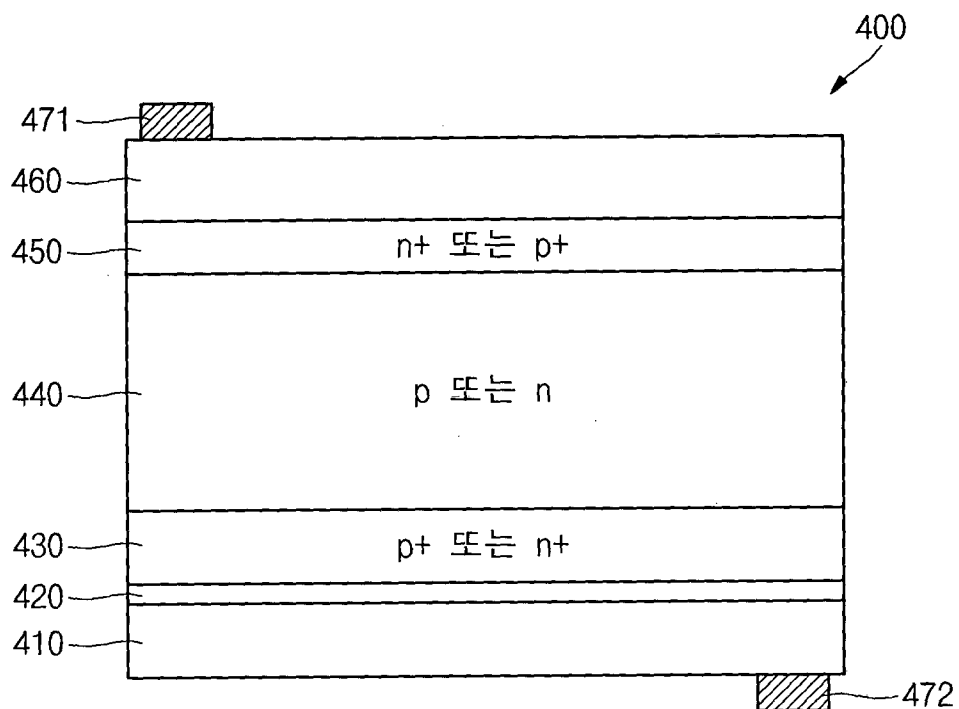


11/11

[Fig. 14f]

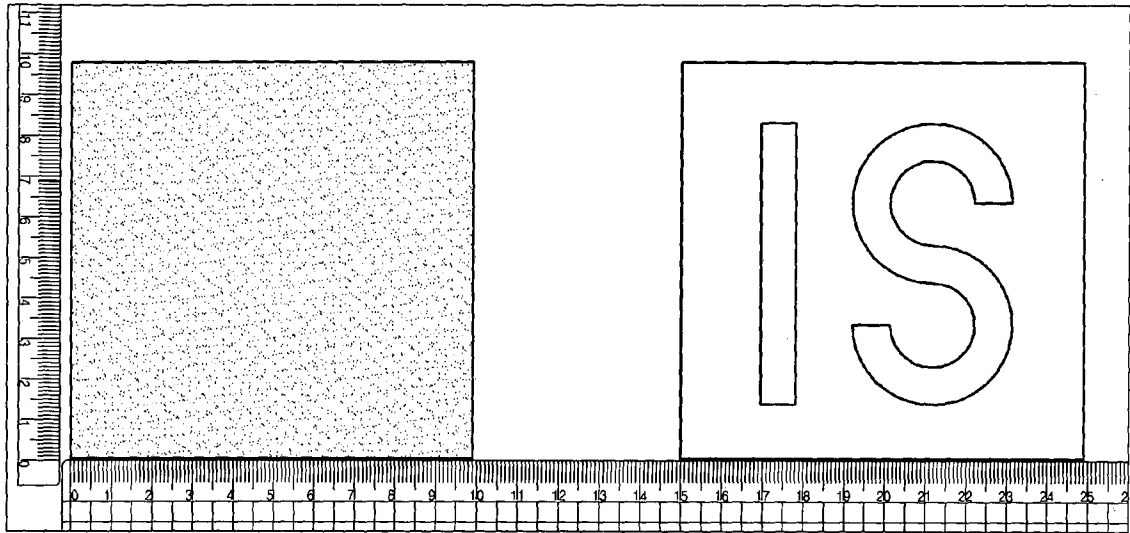


[Fig. 14g]



11/11/1

[Fig. 15]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/KR2012/011060**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER****H01L 31/042(2006.01)i, H01L 31/18(2006.01)i**

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H01L 31/042; H01L 21/365; C23C 14/00; H01L 31/0216; H01L 31/18; H01L 21/26; H01L 21/263; C23C 14/14

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: amorphous silicon, linear electron beam, crystallization, linear scan, hydrogenated amorphous silicon

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	KR 10-1194057 B1 (KOREA INSTITUTE OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY) 24 October 2012 See paragraphs [0011]-[0014], [0018], [0029]-[0040] and [0044]; and figures 1-2e.	1-23
A	US 2008-0176357 A1 (HUET, Stephanie et al.) 24 July 2008 See paragraphs [0057]-[0090]; and figure 1.	1-23
A	WO 81-00789 A1 (MASSACHUSETTS INSTITUTE OF TECHNOLOGY) 19 March 1981 See page 5, line 1 - page 6, line 21; and figure 1.	1-23
A	US 2011-0039034 A1 (MAYNARD, Helen et al.) 17 February 2011 See paragraphs [0018]-[0039]; and figures 1, 2.	1-23
A	KR 10-2011-0124962 A (INCHEON UNIVERSITY INDUSTRY ACADEMIC COOPERATION FOUNDATION) 18 November 2011 See paragraphs [0025]-[0048]; and figure 1.	1-23



Further documents are listed in the continuation of Box C.



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

"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

10 JULY 2013 (10.07.2013)

Date of mailing of the international search report

12 JULY 2013 (12.07.2013)

Name and mailing address of the ISA/KR



Korean Intellectual Property Office
Government Complex-Daejeon, 189 Seonsa-ro, Daejeon 302-701,
Republic of Korea

Facsimile No. 82-42-472-7140

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/KR2012/011060

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member	Publication date
KR 10-1194057 B1	24/10/2012	NONE	
US 2008-0176357 A1	24/07/2008	AT 400900 T DE 602006001741 D1 EP 1861882 A1 EP 1861882 B1 ES 2310405 T3 FR 2883663 A1 FR 2883663 B1 JP 04814307 B2 JP 2008-535210 A US 7592198 B2 WO 2006-100403 A1	15/07/2008 21/08/2008 05/12/2007 09/07/2008 01/01/2009 29/09/2006 11/05/2007 02/09/2011 28/08/2008 22/09/2009 28/09/2006
WO 81-00789 A1	19/03/1981	DE 3072022 D1 EP 0035561 A1 EP 0035561 A4 EP 0035561 B1 JP 56-501508 A US 04309225 A	08/10/1987 16/09/1981 08/08/1984 02/09/1987 15/10/1981 05/01/1982
US 2011-0039034 A1	17/02/2011	CN 102576655 A EP 2465136 A2 KR 10-2012-0043064 A WO 2011-019824 A2 WO 2011-019824 A3	11/07/2012 20/06/2012 03/05/2012 17/02/2011 14/04/2011
KR 10-2011-0124962 A	18/11/2011	NONE	

A. 발명이 속하는 기술분류(국제특허분류(IPC))

H01L 31/042(2006.01)i, H01L 31/18(2006.01)i

B. 조사된 분야

조사된 최소문헌(국제특허분류를 기재)

H01L 31/042; H01L 21/365; C23C 14/00; H01L 31/0216; H01L 31/18; H01L 21/26; H01L 21/263; C23C 14/14

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: 비정질 실리콘, 선형 전자빔, 결정화, 리니어 스캔, 수소화 비정질 실리콘

C. 관련 문헌

카테고리*	인용문헌명 및 관련 구절(해당하는 경우)의 기재	관련 청구항
X	KR 10-1194057 B1 (한국생산기술연구원) 2012.10.24 단락 [0011]-[0014], [0018], [0029]-[0040], [0044]; 및 도면 1-2e 참조.	1-23
A	US 2008-0176357 A1 (STEPHANIE HUET 외 3명) 2008.07.24 단락 [0057]-[0090]; 및 도면 1 참조.	1-23
A	WO 81-00789 A1 (MASSACHUSETTS INSTITUTE OF TECHNOLOGY) 1981.03.19 페이지 5, 라인 1 - 페이지 6, 라인 21; 및 도면 1 참조.	1-23
A	US 2011-0039034 A1 (HELEN MAYNARD 외 4명) 2011.02.17 단락 [0018]-[0039]; 및 도면 1, 2 참조.	1-23
A	KR 10-2011-0124962 A (인천대학교 산학협력단) 2011.11.18 단락 [0025]-[0048]; 및 도면 1 참조.	1-23

☐ 추가 문헌이 C(계속)에 기재되어 있습니다.

☒ 대응특허에 관한 별지를 참조하십시오.

* 인용된 문헌의 특별 카테고리:

“A” 특별히 관련이 없는 것으로 보이는 일반적인 기술수준을 정의한 문헌

“T” 국제출원일 또는 우선일 후에 공개된 문헌으로, 출원과 상충하지 않으며 발명의 기초가 되는 원리나 이론을 이해하기 위해 인용된 문헌

“E” 국제출원일보다 빠른 출원일 또는 우선일을 가지나 국제출원일 이후에 공개된 선출원 또는 특허 문헌

“X” 특별한 관련이 있는 문헌. 해당 문헌 하나만으로 청구된 발명의 신규성 또는 진보성이 없는 것으로 본다.

“L” 우선권 주장에 의문을 제기하는 문헌 또는 다른 인용문헌의 공개일 또는 다른 특별한 이유(이유를 명시)를 밝히기 위하여 인용된 문헌

“Y” 특별한 관련이 있는 문헌. 해당 문헌이 하나 이상의 다른 문헌과 조합하는 경우로 그 조합이 당업자에게 자명한 경우 청구된 발명은 진보성이 없는 것으로 본다.

“O” 구두 개시, 사용, 전시 또는 기타 수단을 언급하고 있는 문헌

“&” 동일한 대응특허문헌에 속하는 문헌

“P” 우선일 이후에 공개되었으나 국제출원일 이전에 공개된 문헌

국제조사의 실제 완료일

2013년 07월 10일 (10.07.2013)

국제조사보고서 발송일

2013년 07월 12일 (12.07.2013)

ISA/KR의 명칭 및 우편주소

대한민국 특허청
(302-701) 대전광역시 서구 청사로 189,
4동 (둔산동, 정부대전청사)

팩스 번호 +82-42-472-7140

심사관

김도원

전화번호 +82-42-481-5560



국제조사보고서에서 인용된 특허문헌	공개일	대응특허문헌	공개일
KR 10-1194057 B1	2012/10/24	없음	
US 2008-0176357 A1	2008/07/24	AT 400900 T DE 602006001741 D1 EP 1861882 A1 EP 1861882 B1 ES 2310405 T3 FR 2883663 A1 FR 2883663 B1 JP 04814307 B2 JP 2008-535210 A US 7592198 B2 WO 2006-100403 A1	2008/07/15 2008/08/21 2007/12/05 2008/07/09 2009/01/01 2006/09/29 2007/05/11 2011/09/02 2008/08/28 2009/09/22 2006/09/28
WO 81-00789 A1	1981/03/19	DE 3072022 D1 EP 0035561 A1 EP 0035561 A4 EP 0035561 B1 JP 56-501508 A US 04309225 A	1987/10/08 1981/09/16 1984/08/08 1987/09/02 1981/10/15 1982/01/05
US 2011-0039034 A1	2011/02/17	CN 102576655 A EP 2465136 A2 KR 10-2012-0043064 A WO 2011-019824 A2 WO 2011-019824 A3	2012/07/11 2012/06/20 2012/05/03 2011/02/17 2011/04/14
KR 10-2011-0124962 A	2011/11/18	없음	