(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2010-0128151
(43) 공개일자 2010년12월07일

(51) Int. Cl.
*H01L 31/18* (2006.01) *H01L 21/268* (2006.01)
*H01L 31/042* (2006.01)
(21) 출원번호 10-2009-0046622
(22) 출원일자 2009년05월27일
심사청구일자 2009년05월27일

(71) 출원인
**(주)미래컴퍼니**
경기도 화성시 양감면 정문리 285-15
**고려대학교 산학협력단**
서울 성북구 안암동5가 1
(72) 발명자
**송청호**
경기도 화성시 송산동 222 솔뫼마을한승미메이드 Apt 104동 1504호
**백광수**
인천광역시 남동구 간석1동 495-5 금호아파트 5동 601호
*(뒷면에 계속)*
(74) 대리인
**안태현**

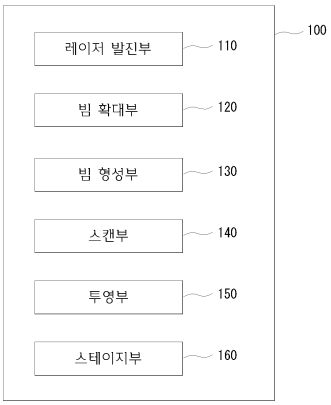
전체 청구항 수 : 총 8 항

# (54) 레이저 식각장치 및 이를 이용한 공극 형성 방법

## (57) 요 약

태양전지 제조에 이용되는 레이저 식각장치 및 이를 이용한 공극 형성 방법에 관한 것이다. 본 발명의 일 측면에 따른 태양전지 제조 시 후면 패시베이션층에 공극을 형성하기 위한 레이저 식각장치에 있어서, 후면 패시베이션층이 형성된 태양전지의 실리콘 기판을 거치하는 스테이지부와, 패시베이션층 정보에 따라 조정된 레이저 빔을 발진하는 레이저 발진부와, 공극의 크기와 모양에 따라 레이저 빔의 스폿의 크기와 모양을 변형하는 빔 형성부와 하나 이상의 공극이 배열된 공극 패턴에 따라 레이저 빔이 공극의 위치에 조사되도록 스캔하는 스캔부와, 스캔부에 의해 스캔된 레이저 빔을 집광하여 조사하는 투영부를 포함하는 레이저 식각장치에 의하면, 고효율의 박형화된 태양전지를 제조하는 과정에서 사진 식각 기술 대신에 레이저 식각 기술을 이용하여 보다 단순화된 공정을 통해서 후면 패시베이션층에 공극 패턴을 형성할 수 있다.

*대 표 도* - 도6



(72) 발명자

**김병겸**

경기도 오산시 부산동 운암1단지 117동 1703호

**김동환**

서울특별시 용산구 서빙고동 신동아아파트 2동 201호

**이준성**

경기도 군포시 금정동 904-2 부경빌라 401호

**박하영**

서울특별시 동대문구 제기2동 148-6번지 301호

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 2008-N-PV08-P-09

부처명 지식경제부

연구관리전문기관

연구사업명 신재생에너지기술개발사업

연구과제명 비접촉식 공정을 이용한 초박형 고효율 실리콘 태양전지 기술개발

기여율

주관기관 고려대학교 산학협력단

연구기간 2008.10.01 ~ 2011.09.30

## *특허청구의 범위*

**청구항 1**

태양전지 제조 시 후면 패시베이션층에 공극을 형성하기 위한 레이저 식각장치에 있어서,

상기 후면 패시베이션층이 형성된 태양전지의 실리콘 기판을 거치하는 스테이지부와;

패시베이션층 정보에 따라 조정된 레이저 빔을 발진하는 레이저 발진부와;

공극의 크기와 모양에 따라 상기 레이저 빔의 스폿의 크기와 모양을 변형하는 빔 형성부와;

하나 이상의 상기 공극이 배열된 공극 패턴에 따라 상기 레이저 빔이 상기 공극의 위치에 조사되도록 스캔하는 스캔부와;

상기 스캔부에 의해 스캔된 레이저 빔을 집광하여 조사하는 투영부를 포함하는 레이저 식각장치.

**청구항 2**

제1항에 있어서,

상기 패시베이션층 정보는 상기 실리콘 기판의 후면 패시베이션층을 구성하는 재질, 상기 후면 패시베이션층의 두께, 상기 후면 패시베이션층의 적층 구조 중 적어도 하나 이상에 관한 특성을 포함하는 것을 특징으로 하는 레이저 식각장치.

**청구항 3**

제2항에 있어서,

상기 후면 패시베이션층의 재질은 열적(Thermal) $SiO_2$, PECVD(Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition) $SiN_x$, ALD(Atomic Layer Deposition) $Al_2O_3$, SiC, TCO, a-Si:H 중 적어도 하나를 포함하는 것을 특징으로 하는 레이저 식각장치.

**청구항 4**

제2항에 있어서,

상기 후면 패시베이션층의 적층 구조는 단층 구조 혹은 둘 이상의 재질로 구성된 이중층 구조를 포함하는 것을 특징으로 하는 레이저 식각장치.

**청구항 5**

태양전지 제조 시 레이저 식각장치를 이용하여 공극을 형성하는 방법에 있어서,

후면에 패시베이션층이 형성된 실리콘 기판을 준비하는 단계와;

상기 패시베이션층에 대한 패시베이션층 정보를 분석하는 단계와;

상기 분석된 상기 패시베이션층 정보에 따라 상기 레이저 식각장치의 레이저 가공조건을 조정하는 단계와;

상기 레이저 식각장치를 이용하여 상기 패시베이션층에 공극 패턴을 형성하는 단계를 포함하는 태양전지의 공극 형성 방법.

**청구항 6**

제5항에 있어서,

상기 패시베이션층 정보는 상기 실리콘 기판의 후면 패시베이션층을 구성하는 재질, 상기 후면 패시베이션층의 두께, 상기 후면 패시베이션층의 적층 구조 중 적어도 하나 이상에 관한 특성을 포함하는 것을 특징으로 하는 태양전지의 공극 형성 방법.

**청구항 7**

제6항에 있어서,

상기 후면 패시베이션층의 재질은 열적(Thermal) $SiO_2$, PECVD(Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition) $SiN_x$, ALD(Atomic Layer Deposition) $Al_2O_3$, SiC, TCO, a-Si:H 중 적어도 하나를 포함하는 것을 특징으로 하는 태양전지의 공극 형성 방법.

**청구항 8**

제6항에 있어서,

상기 후면 패시베이션층의 적층 구조는 단층 구조 혹은 둘 이상의 재질로 구성된 이중층 구조를 포함하는 것을 특징으로 하는 태양전지의 공극 형성 방법.

# *명 세 서*

## *발명의 상세한 설명*

### *기 술 분 야*

[0001] 본 발명은 태양전지 제조에 관한 것으로, 보다 상세하게는 태양전지 제조에 이용되는 레이저 식각장치 및 이를 이용한 공극 형성 방법에 관한 것이다.

### *배 경 기 술*

[0002] 태양전지(solar cell)는 태양으로부터 생성된 광 에너지를 광기전 효과(photovoltaic effect)에 의해 전기 에너지로 변환하는 반도체 소자이다. 태양전지 종류에 따라 실리콘 태양전지와 화합물 반도체 태양전지 등으로 크게 분류할 수 있다. 이 중 실리콘 태양전지는 단결정 또는 다결정 실리콘 태양전지와 같은 결정질 실리콘 태양전지와 비정질 실리콘 태양전지 등으로 구분된다.

[0003] 이 중 결정질 실리콘 태양전지는 단결정 또는 다결정 실리콘 잉곳(ingot)을 절단하여 생성한 단결정 또는 다결정 실리콘 웨이퍼를 베이스(base)로 사용한다. 일반적으로 p형 실리콘 웨이퍼를 태양전지 기판으로 하고, 태양전지 기판의 전면에는 n형 에미터(emitter), 반사 방지막(anti-reflection coating, ARC), 전면 전극(front contact)이 형성되어 있고, 태양전지 기판의 후면에는 후면 전극(back contact), 후면 전계(back surface field, BSF)가 형성되어 있다.

[0004] 여기서, 후면 전계는 일종의 고-저 접합(high-low junction)으로서, 전계 효과(field effect)를 갖는 에너지 장벽에 의해 소수 운송자인 전자가 후면으로 이동하는 것을 억제한다. 이로 인해 소수 운송자인 전자가 후면에 존재할 확률이 작아지고, 이에 따라 정공과 재결합(recombination)하는 확률이 작아져 후면 재결합 속도가 낮아진다.

[0005] 후면 전극을 구성하는 금속으로서의 3가의 알루미늄은 기판을 구성하는 4가의 실리콘으로 확산하며, p형 반도체 영역을 형성한다. 소성(firing) 과정에서 알루미늄의 후면 전극은 실리콘 기판의 후면 표면으로 확산하며 후면 전계를 형성하게 된다.

[0006] 실리콘으로 구성된 태양전지 기판과 금속으로 구성된 후면 전극이 직접 접촉하여 후면 전계를 형성하는 기존의 구조에서는 태양전지 기판과 후면 전극이 후면에서 직접 접촉함에 따라 실리콘과 금속 사이의 계면에 많은 결함

이 존재한다. 이러한 결함은 전자와 정공이 재결합하여 소멸하는 장소가 된다. 이러한 후면 구조에서는 후면 반사도가 65% 미만으로 낮고 후면 재결합 속도가 750㎝/s로 높은 단점이 있다.

[0007] 도 1은 두꺼운 실리콘 기판을 가지는 태양전지의 단면도이며, 도 2는 얇은 실리콘 기판을 가지는 태양전지의 단면도이다. 여기서, 참조번호 2는 후면 금속 전극을 나타낸다.

[0008] 도 1을 참조하면, 실리콘 기판(1)이 충분히 두꺼운 경우에 입사된 빛을 실리콘 기판(1) 내부에서 충분히 흡수할 수 있다. 이 경우에 후면에 도달하는 빛이 적기 때문에 후면에서 광생성되는 전하가 적어 광생성 전하량이 줄어든다. 즉, 광생성되는 전하가 양쪽 전극으로 수집될 확률이 적으므로 효율에 기여하는 바가 거의 없다.

[0009] 결정질 실리콘 태양전지의 제조 원가 중에서 실리콘 웨이퍼가 약 60%를 차지하는 바 도 2에 도시된 것과 같이 실리콘 기판(3)의 두께를 얇게 제조하여(도 1 및 도 2에서, T1 > T2임) 실리콘 소모량을 줄임으로써 제조 원가를 줄일 수 있다. 하지만, 실리콘 기판(3)의 두께를 얇게 하여 박형화를 추구하는 경우에 입사된 빛을 흡수할 수 있는 경로, 즉 광흡수 경로가 짧아진다.

[0010] 그리고 실리콘 기판(3)이 박형화됨에 따라 실리콘 기판(3) 내부에서 발생하는 전자와 정공의 재결합에 비교할 때 표면에서의 재결합이 점차 중요해지므로, 표면에서의 재결합 속도를 낮추어야 할 필요가 있다.

[0011] 두꺼운 실리콘 기판(1)에서는 빛이 입사되는 부분인 전면 재결합 속도가 태양전지의 효율을 크게 좌우하지만, 얇은 실리콘 기판(3)에서는 전면 재결합 속도뿐 아니라 후면 재결합 속도도 태양전지의 효율에 기여하는 바가 점차 커지게 된다.

[0012] 이 경우 후면에 패시베이션(passivation) 층을 형성하는 경우 실리콘 기판의 표면 결함이 줄어들어 재결합 속도를 낮출 수 있다. 또한, 후면 패시베이션의 후면 구조는 후면 반사막으로 역할을 하는데, 박형의 실리콘 기판 내부에서 미처 흡수되지 못한 빛을 후면 반사막에서 실리콘 기판 내부로 다시 반사하여 광흡수 경로를 증가시킬 수 있다.

[0013] 이 경우에 후면 구조를 후면 점접촉 구조로 하면 상대적으로 후면 반사도를 높이고 후면 재결합 속도를 낮출 수 있다. 도 3에 이러한 후면 점접촉 구조를 가지는 태양전지의 단면도가 도시되어 있다. 태양전지가 후면 점접촉 구조를 가지는 경우에 광흡수 경로가 증가함에 따라 광생성되는 전하의 양이 증가하여 단락전류를 높일 수 있다. 또한, 실리콘 기판의 후면까지 침투되는 장파장에 대한 흡수 특성을 향상시킬 수 있다.

[0014] 패시베이션층(5)은 주로 유전물질(dielectric materials)로 구성되어 있으므로 절연체에 가깝다. 따라서, 실리콘 기판에서 광생성된 전하, 특히 정공을 후면 전극에서 수집하기 위해서는 패시베이션층(5)에 공극이 형성될 필요가 있다. 이러한 공극은 실리콘 기판과 후면 금속전극이 직접 접촉하여 전류가 통과할 수 있는 경로가 된다.

[0015] 패시베이션층의 공극을 통해서 알루미늄으로 형성된 후면 전극으로부터 알루미늄의 확산에 의해 실리콘 기판 내부에 p형 반도체 영역이 형성되어 국부 후면 전계(local BSF)(4)의 역할을 한다. 실리콘 기판에 형성되는 국부 후면 전계(4)는 알루미늄으로 고농도 도핑되어 접촉저항이 낮기 때문에 이 부분을 통해 전류가 잘 흐를 수 있다.

[0016] 이러한 후면 점접촉 구조의 태양전지를 제조함에 있어서 기존에 공극을 형성하기 위해서 사진 식각(photolithography) 기술을 사용하였다. 사진 식각 기술을 이용하는 경우에 여러 단계의 복잡한 과정을 거쳐서 제조되며, 이러한 사진 식각 기술은 고가이고 공정 단계가 복잡하며 제조 시간이 길고 제조 비용이 많이 소요되는 문제점이 있다. 또한, 사진 식각에 사용되는 포토레지스트(photo resist)가 원치 않는 부분을 오염시킬 수도 있으며, 화학적 습식 에칭에서는 유독한 화학 물질이 사용되어 폐수가 발생함으로써 환경 문제와 폐수 처리 문제를 초래한다.

[0017] 전술한 배경기술은 발명자가 본 발명의 도출을 위해 보유하고 있었거나, 본 발명의 도출 과정에서 습득한 기술 정보로서, 반드시 본 발명의 출원 전에 일반 공중에게 공개된 공지기술이라 할 수는 없다.

## 발명의 내용

### 해결 하고자하는 과제

[0018] 본 발명은 고효율의 박형화된 태양전지를 제조하는 과정에서 사진 식각 기술 대신에 레이저 식각 기술을 이용하

여 보다 단순화된 공정을 통해서 후면 패시베이션층에 공극 패턴을 형성할 수 있는 레이저 식각장치 및 이를 이용한 태양전지 제조방법을 제공하기 위한 것이다.

[0019] 또한, 본 발명은 갈바노 미러를 이용하여 매우 짧은 시간에 넓은 면적에 다양한 크기, 간격, 배열 형상을 가지는 공극 패턴의 형성이 가능한 레이저 식각장치 및 이를 이용한 태양전지 제조방법을 제공하기 위한 것이다.

[0020] 또한, 본 발명은 마스크나 포트 레지스트와 같은 소모품이 필요치 않아 유지 비용이 저렴하며 폐수가 발생하지 않고 화학 물질을 사용하지 않아 친환경적임면서도 고효율의 박형화된 태양전지의 제조가 가능한 레이저 식각장치 및 이를 이용한 태양전지 제조방법을 제공하기 위한 것이다.

## 과제 해결수단

[0021] 본 발명의 일 측면에 따르면, 태양전지 제조 시 후면 패시베이션층에 공극을 형성하기 위한 레이저 식각장치에 있어서, 후면 패시베이션층이 형성된 태양전지의 실리콘 기판을 거치하는 스테이지부와, 패시베이션층 정보에 따라 조정된 레이저 빔을 발진하는 레이저 발진부와, 공극의 크기와 모양에 따라 레이저 빔의 스폿의 크기와 모양을 변형하는 빔 형성부와 하나 이상의 공극이 배열된 공극 패턴에 따라 레이저 빔이 공극의 위치에 조사되도록 스캔하는 스캔부와, 스캔부에 의해 스캔된 레이저 빔을 집광하여 조사하는 투영부를 포함하는 레이저 식각장치가 제공된다.

[0022] 본 발명의 다른 측면에 따르면, 태양전지 제조 시 레이저 식각장치를 이용하여 공극을 형성하는 방법에 있어서, 후면에 패시베이션층이 형성된 실리콘 기판을 준비하는 단계와, 패시베이션층에 대한 패시베이션층 정보를 분석하는 단계와, 분석된 패시베이션층 정보에 따라 레이저 식각장치의 레이저 가공조건을 조정하는 단계와, 레이저 식각장치를 이용하여 패시베이션층에 공극 패턴을 형성하는 단계를 포함하는 태양전지의 공극 형성 방법이 제공된다.

[0023] 여기서, 패시베이션층 정보는 실리콘 기판의 후면 패시베이션층을 구성하는 재질, 후면 패시베이션층의 두께, 후면 패시베이션층의 적층 구조 중 적어도 하나 이상에 관한 특성을 포함할 수 있다.

[0024] 후면 패시베이션층의 재질은 열적(Thermal) $SiO_2$, PECVD(Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition) $SiN_x$, ALD(Atomic Layer Deposition) $Al_2O_3$, SiC, TCO, a-Si:H 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.

[0025] 후면 패시베이션층의 적층 구조는 단층 구조 혹은 둘 이상의 재질로 구성된 이중층 구조를 포함할 수 있다.

[0026] 전술한 것 외의 다른 측면, 특징, 이점이 이하의 도면, 특허청구범위 및 발명의 상세한 설명으로부터 명확해질 것이다.

## 효 과

[0027] 본 발명의 바람직한 실시예에 따르면, 고효율의 박형화된 태양전지를 제조하는 과정에서 사진 식각 기술 대신에 레이저 식각 기술을 이용하여 보다 단순화된 공정을 통해서 후면 패시베이션층에 공극 패턴을 형성할 수 있다.

[0028] 또한, 갈바노 미러를 이용하여 매우 짧은 시간에 넓은 면적에 다양한 크기, 간격, 배열 형상을 가지는 공극 패턴의 형성이 가능하다.

[0029] 또한, 마스크나 포트 레지스트와 같은 소모품이 필요치 않아 유지 비용이 저렴하며 폐수가 발생하지 않고 화학 물질을 사용하지 않아 친환경적이면서도 고효율의 박형화된 태양전지의 제조가 가능하다.

## 발명의 실시를 위한 구체적인 내용

[0030] 본 발명은 다양한 변환을 가할 수 있고 여러 가지 실시예를 가질 수 있는 바, 특정 실시예들을 도면에 예시하고 상세한 설명에 상세하게 설명하고자 한다. 그러나, 이는 본 발명을 특정한 실시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변환, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다. 본 발명을 설명함에 있어서 관련된 공지 기술에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 흐릴 수 있다

고 판단되는 경우 그 상세한 설명을 생략한다.

[0031] 제1, 제2 등의 용어는 다양한 구성요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 상기 구성요소들은 상기 용어들에 의해 한정되어서는 안 된다. 상기 용어들은 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하는 목적으로만 사용된다.

[0032] 본 출원에서 사용한 용어는 단지 특정한 실시예를 설명하기 위해 사용된 것으로, 본 발명을 한정하려는 의도가 아니다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 출원에서, "포함하다" 또는 "가지다" 등의 용어는 명세서상에 기재된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.

[0033] 본 발명에서 공극 패턴은 태양전지의 실리콘 기판의 후면 패시베이션층에 실리콘 기판 내부와 후면 전극 사이의 전기적 연결 통로인 하나 이상의 공극이 배열된 패턴을 의미한다. 실리콘 기판의 후면 면적에 대하여 모든 공극의 면적의 합의비율로써 공극 패턴의 크기를 나타낼 수 있으며, 각 공극은 규칙성을 가지고 일정 간격으로 배열되거나 불규칙하게 배열될 수 있다.

[0034] 이하, 본 발명의 실시예를 첨부한 도면들을 참조하여 상세히 설명하기에 앞서 기존의 사진 식각 기술에 따라 태양전지에 공극 패턴을 형성하는 방법에 대하여 설명하기로 한다.

[0035] 도 4는 종래 사진 식각 기술에 따라 태양전지의 후면 패시베이션층에 공극 패턴을 형성하는 방법의 순서도이다.

[0036] 우선 태양전지의 실리콘 기판(10)의 후면에 패시베이션층(11)을 형성한다((a) 참조).

[0037] 그리고 패시베이션층(11) 상에 포토레지스트(12)를 도포하고, 소프트 베이킹(soft baking) 공정을 수행한다((b) 참조). 포토레지스트(12)는 감광성(photo sensitive) 물질로 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 자명한 것이라 할 것이다.

[0038] 패시베이션층(11)에 공극 패턴을 형성하기 위해 포토레지스트(12) 중 공극 패턴에 상응하는 일정 부분을 제거해야 한다. 이를 위해 다음과 같은 과정을 거친다.

[0039] 공극 패턴에 상응하는 포토레지스트 패턴이 형성되어 있는 포토마스크(13)를 이용하여 소정 시간 동안 노광(exposure) 과정을 수행한다((c) 참조). 이후 노출된 부분에 대하여 현상(development) 과정, 세정(cleaning) 과정 및 포스트 베이킹(post baking) 과정을 수행한다((d) 참조).

[0040] 상술한 과정을 통해 포토레지스트(13) 중 공극 패턴에 상응하는 일정 부분(14)이 제거된 이후 드러난 패시베이션층(12)에 대하여 식각액을 이용하여 에칭(etching) 공정을 수행함으로써 패시베이션층(12) 중 공극 패턴에 상응하는 부분에 국부 개구부(local opening)(15)를 형성한다((e) 참조).

[0041] 이후 남아있는 포토레지스트(12)를 스트립(strip) 공정을 통해 제거함으로써 패시베이션층(11)에 공극 패턴의 형성이 완료된다((f) 참조).

[0042] 상술한 과정 중에 포토마스크나 포토레지스트 등이 소모품으로 이용되어 그 유지 비용이 많이 소요되며, 식각액 등의 화학물질을 사용함에 따라 폐수가 발생하게 되어 환경 오염을 일으키고 폐수 처리 문제가 발생한다. 또한, 패시베이션층 상에 도포되는 포토레지스트가 원치 않는 부분을 오염시킬 수도 있으며, 상술한 것과 같이 많은 공정을 거쳐야 함에 따라 제조 시간이 길고 제조 비용이 많이 소요된다.

[0043] 따라서, 본 발명의 실시예에 따른 레이저 식각장치를 이용하여 태양전지의 후면 패시베이션층에 공극 패턴을 형성함으로써 상술한 문제점을 해결할 수 있다.

[0044] 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 레이저 식각장치를 이용한 레이저 식각 기술에 따라 태양전지의 후면 패시베이션층에 공극 패턴을 형성하는 방법의 순서도이다.

[0045] 도 5의 (a)를 참조하면, 태양전지의 실리콘 기판(10)의 후면에 유전물질로 구성된 패시베이션층(11)을 형성한다.

[0046] 도 5의 (b)를 참조하면, 레이저 식각장치를 이용하여 공극 패턴을 형성하고자 하는 위치에 레이저 빔을 조사함으로써 패시베이션층(11)의 일정 부분을 제거한다. 여기서, 실리콘 기판(10)의 특성에 따른 가공조건을 가지도록 레이저 빔을 조정하여 패시베이션층(11)에 공극 패턴을 형성할 수 있다.

[0047] 레이저 가공조건에 영향을 미치는 실리콘 기판(10)의 특성은 패시베이션층(11)의 재질, 적층 구조, 두께 등의

패시베이션층(11) 정보일 수 있다.

[0048] 여기서, 패시베이션층(11)의 재질, 적층 구조, 두께 등에 따라 적합한 조건의 레이저 빔을 선택 또는 조절하여 해당 위치에 조사하여 공극 패턴을 형성할 수 있다.

[0049] 패시베이션층(11)의 재질은 열적(Thermal) $SiO_2$, PECVD(Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition) $SiN_x$, ALD(Atomic Layer Deposition) $Al_2O_3$, SiC, TCO, a-Si:H 등일 수 있다. 각 재질에 따라 레이저 빔의 파장(wavelength), 레이저 가공 파워(laser power), 펄스 폭(pulse width), 반복률(rep rate) 등의 레이저 가공조건이 다양하게 설정될 수 있다.

[0050] 은(Ag)을 사용하는 전면 전극과 함께 동시 소성(co-firing)을 하기 위해서는 약 700℃ 이상의 온도에서 패시베이션층(11)이 견딜 수 있어야 한다. 이 경우 $SiO_2$ 층은 650℃ 이상에서 후면 전극을 이루는 알루미늄이 모두 $SiO_2$를 뚫고 가버려 패시베이션층으로서의 역할을 수행하지 못 하지만, $SiN_x$ 층은 750℃에서도 알루미늄에 내구성을 가지고 패시베이션층으로서의 역할을 수행할 수 있다.

[0051] 따라서, 패시베이션층은 소성 과정에서 금속 전극에 대해 내구성을 가질 수 있도록 상술한 각 재질들로 이루어진 단층 구조 이외에 실리콘 기판 표면 바로 위에 $SiO_2$를 성장시키고 그 위에 $SiN_x$를 증착시키는 이중층 구조를 가질 수 있다. 여기서, 실리콘 기판 표면 바로 위에 $SiO_2$ 대신에 $Al_2O_3$를 증착시킬 수도 있다. 이 경우 이중층 구조에 따라 최적화된 레이저 가공조건이 설정될 필요가 있다.

[0052] 또는 $SiO_2$의 두께를 두껍게 하여 소정의 소성 온도에서도 패시베이션층으로서의 역할을 수행할 수 있도록 할 수 있다. 이 경우 패시베이션층의 두께에 따라 최적화된 레이저 가공조건이 설정될 필요가 있다.

[0053] 또는 후속 공정에 따라 패시베이션층에 다양한 변화가 생길 수 있으며, 각 변화에 대응하여 최적화된 레이저 가공조건이 설정될 필요가 있다.

[0054] 이후 후면 전극을 형성하고, 소성 공정을 통해 전극을 구성하는 금속을 태양전지의 실리콘 기판(10) 내에 확산시킴으로써 고효율이면서도 박형화된 태양전지를 제조할 수 있다.

[0055] 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 레이저 식각장치의 블록 구성도이고, 도 7은 스캔부의 일 실시예이고, 도 8은 스캔부의 다른 실시예이다.

[0056] 도 6을 참조하면, 레이저 식각장치(100)는 레이저 발진부(110), 빔 확대부(120), 빔 형성부(130), 스캔부(140), 투영부(150), 스테이지부(160)를 포함할 수 있다.

[0057] 레이저 발진부(110)는 레이저 매질, 펌핑부, 스위칭부 등으로 구성되어 소정 펄스 폭의 레이저 빔을 출력한다. 레이저 발진부(110)에 의해 발진되는 레이저 빔은 연속파 모드이거나 펄스파 모드일 수 있다.

[0058] 본 실시예에 따른 레이저 발진부(110)에 의해 발진되는 레이저 빔의 파장은 126nm 내지 2940nm일 수 있으며, 0.3와트(watt) 내지 10와트의 가공 파워를 가지고, 20khz에서 100fs 내지 100ns의 펄스 폭을 가지며, 반복률이 100khz 내지 300khz일 수 있다.

[0059] 예를 들면, 레이저 가공조건은 하기의 표 1과 같다. 여기서, 펄스폭 단위는 ns(nanosecond, $10^{-9}$s), ps(picosecond, $10^{-12}$s), fs(femtosecond, $10^{-15}$s) 등이 있다.

*표 1*

| 파장 | 가공 파워 | 펄스 폭 | 반복률(Max) |
|---|---|---|---|
| 126nm | 0.3watt | 10ns @ 20khz | 100khz |
| 266nm | 0.5Watt | 100ps @ 20khz | 100khz |
| 355nm | 0.8Watt | 15ns @ 20khz | 100khz |
| 400nm | 0.9watt | 100fs @ 20khz | 100khz |
| 532nm | 1Watt | 15ns @ 20khz | 100khz |
| 1064nm | 3Watt | 30ns @ 20khz | 300khz |
| 2940nm | 10watt | 100ns @ 20khz | 100khz |

[0060]

[0061] 다만, 표 1에 기재된 레이저 파장, 가공 파워, 펄스폭 및 반복률에 관한 수치는 엄밀한 의미의 수치를 의미하는 것이 아니라, 레이저 가공에 관한 당업자가 통상적으로 사용하는 의미에서의 수치값을 의미함은 물론이다.

[0062] 여기서, 레이저 빔의 파장이 짧을수록 태양전지의 공극 패턴을 형성함에 있어서 미세하고 정밀한 가공이 가능하여 가공 성능이 향상되는 효과가 있으며, 레이저 빔의 파장이 길수록 시스템의 가격이 저렴해지는 효과가 있다.

[0063] 레이저 빔을 사용함에 있어서 가공대상인 태양전지 기판의 후면 패시베이션층의 재질에 따라 흡수가 잘 되는 파장 영역의 레이저 빔을 사용하는 것이 바람직하다. 여기서, 후면 패시베이션층의 재질은 열적 $SiO_2$, PECVD $SiN_x$, ALD $Al_2O_3$, SiC, TCO, a-Si:H 등일 수 있다. 이를 위해 레이저 발진부(110)에서 발진된 레이저 빔의 파장을 변환시키는 파장변환기(미도시)가 개재될 수 있다.

[0064] 또는 레이저 빔을 사용함에 있어서 가공대상인 태양전지 기판의 후면 패시베이션층의 두께, 적층 구조 등에 따라 레이저 빔의 파장뿐 아니라 레이저 빔의 가공 파워, 펄스 폭, 반복률 등의 레이저 가공조건이 변경될 수 있다.

[0065] 빔 확대부(120)는 레이저 빔의 크기를 확대시켜 후단의 빔 형성부(130)에서 보다 정밀한 레이저 빔 스폿이 형성될 수 있도록 한다.

[0066] 빔 형성부(130)는 빔 확대부(120)에 의해 확대된 레이저 빔에 대하여 가공하고자 하는 공극 패턴의 크기와 모양에 맞게 레이저 빔 스폿의 크기 및/또는 모양을 가공한다. 에너지 분포를 플랫탑(flat top) 형식으로 변환시켜 가공 영역에 대하여 고르게 에너지 전달이 될 수 있도록 할 수 있다.

[0067] 본 실시예에서 각 공극은 원형, 타원형, 다각형 등의 다양한 형상을 가질 수 있으며, 빔 형성부(130)는 각 공극의 크기와 모양에 따라 레이저 빔의 크기와 모양을 변형할 수 있다.

[0068] 스캔부(140)는 초점 조정부에 해당하는 것으로, 레이저 빔의 초점을 태양전지의 후면 패시베이션층에서 미세하게 수평 이동시킨다.

[0069] 도 7을 참조하면, 일 실시예에 따른 스캔부(140)가 도시되어 있다.

[0070] 스캔부(140)는 중심부(210)와, 중심부(210)에 일단이 고정 연결되는 막대형 구조물인 회전부재(220)와, 회전부재(220)의 타단에 고정 연결되는 헤드부(230)를 포함하는 구조이며, 중심부(210)에 제1 미러(212)가 구비되고, 헤드부(230)에 제2 미러(232)가 구비되어 있다. 전단의 구성요소로부터 전달된 레이저 빔은 제1 미러(212)에서 반사되고 회전부재(220)에 평행한 경로를 따라 제2 미러(232)에서 다시 반사되어 초점화 요소(240)(예를 들어, 투영부 등)에 의해 스테이지부(160)에 거치된 태양전지 기판(200)에 집광 및 조사된다.

[0071] 여기서, 회전부재(220)가 중심부(210)를 중심으로 화살표를 따라 시계 방향 혹은 반시계 방향으로 회전하고, 회전부재(220)의 길이에 상응하는 반경을 가지는 원주의 일부인 헤드부(230)의 경로 중 일부 위치에서 레이저 빔이 조사되도록 할 수 있다. 그리고 스테이지부(160)를 헤드부(230)의 경로와 수직되는 방향으로 이동시키면서 헤드부(230)의 회전을 반복함으로써 도 9에 도시된 것과 같이 레이저 빔이 조사되도록 할 수도 있다.

[0072] 도 8을 참조하면, 다른 실시예에 따른 스캔부(140)가 도시되어 있다.

[0073] 스캔부(140)는 두 개의 갈바노 미러(Galvano mirror)(250, 260)가 대향하여 설치되어 있을 수 있다. 제1 갈바노 미러(250)는 레이저 빔을 수광하여 반사시키고 모터(252)의 구동에 따라 제1 축을 중심으로 회전한다. 제2 갈바노 미러(252)는 모터(262)의 구동에 따라 제1 축과는 다른 제2 축을 중심으로 회전하면서 제1 갈바노 미러로부

터 반사된 레이저 빔을 수광하여 반사시킨다. 따라서, 제1 축과 제2 축이 이루는 각도, 제1 갈바노 미러(250)의 회전 정도, 제2 갈바노 미러(260)의 회전 정도를 조절함으로써 레이저 빔이 스테이지부(160) 상의 원하는 지점에 조사되도록 하는 것이 가능하다. 본 실시예에서는 태양전지의 후면 패시베이션층에 소정의 패턴에 따라 형성될 각 공극들의 위치에 따라 스캔부(140)에서 두 갈바노 미러의 각 축을 이동시키고 각 갈바노 미러를 회전시킨다.

[0074] 즉, 2개의 갈바노 미러를 이용하여 스테이지부(160)를 이동시키거나 스테이지부(160)에 거치된 태양전지 기판을 이동시키지 않고서도 태양전지 기판 전체에 대해서 공극을 형성하고자 하는 위치에 레이저 빔을 조사할 수 있어 면적 스캔이 가능하며, 공극 형성 위치에 있어서 높은 자유도를 가지는 장점이 있다.

[0075] 또 다른 실시예에서 스캔부(140)는 갈바노 미러와 폴리곤 미러(polygon mirror)의 조합으로 구성될 수 있다. 전술한 실시예에서 2개의 갈바노 미러 중 어느 하나를 폴리곤 미러로 대체하여 구성할 수 있다.

[0076] 여기서, 갈바노 미러의 회전축과 폴리곤 미러의 회전축이 이루는 각도, 갈바노 미러의 회전 정도, 폴리곤 미러의 회전 정도 중 하나 이상을 조절함으로써 레이저 빔이 스테이지부(160) 상의 원하는 지점이 조사되도록 하는 것이 가능하다. 본 실시예에서는 태양전지의 후면 패시베이션층에 소정의 패턴에 따라 형성될 각 공극들의 위치에 따라 스캔부(140)에서 갈바노 미러와 폴리곤 미러의 각 회전축을 이동시키고 갈바노 미러 및 폴리곤 미러를 회전시킨다.

[0077] 갈바노 미러와 폴리곤 미러의 조합 역시 태양전지 기판 전체에 대해서 공극을 형성하고자 하는 위치에 레이저 빔을 조사할 수 있어 면적 스캔이 가능하며, 공극 형성 위치에 있어서 높은 자유도를 가지는 장점이 있다.

[0078] 또 다른 실시예에서 스캔부(140)는 갈바노 미러 혹은 폴리곤 미러 중 어느 하나를 포함하여, 일방향 스캔을 수행한다. 이 경우 스테이지부(160)가 갈바노 미러 혹은 폴리곤 미러의 스캔 방향과는 다른 방향(예를 들어, 수직 방향)으로 이동함으로써 태양전지 기판 전체에 대해서 공극을 형성하고자 하는 위치에 레이저 빔을 조사할 수 있다.

[0079] 스캔부(140)에 의해 레이저 빔이 특정 위치에 조사되도록 위치시킨 후에 투영부(150)는 초점이 미세하게 조정된 레이저 빔을 집광하여 태양전지의 후면 패시베이션층의 소정 위치에 조사한다. 투영부(150)는 에프세타 렌즈 혹은 텔레센트릭 렌즈(telecentric lens) 등으로 구성될 수 있다. 에프세타 렌즈 혹은 텔레센트릭 렌즈는 소정 위치에 레이저 빔이 실질적으로 수직으로 조사될 수 있도록 할 수 있다. 레이저 빔이 목표로 하는 공극 패턴이 형성될 후면 패시베이션층의 소정 위치에 정확히 조사될 수 있도록 하기 위해 투영부(150)의 초점을 맞추어야 한다. 여기서, 투영부(150)는 하나의 렌즈로 구성되거나 , 볼록렌즈와 오목렌즈를 수 개 조합시킨 형태의 렌즈군이 모여 구성될 수도 있으며, 또는 하나 이상의 렌즈와 기타 광학계의 조합으로 구성될 수도 있다.

[0080] 식각은 레이저가 조사된 부분에서 이루어지는 바, 후면 패시베이션층에 초점이 형성될 수 있도록 투영부(150)와 스테이지부(160) 사이의 거리가 조절되는 구성되는 것이 바람직하다. 또한, 식각해야 할 깊이가 레이저의 초점 깊이보다 깊은 경우에는 식각이 진행됨에 따라 식각된 깊이만큼 렌즈의 위치를 조절하도록 운영할 필요가 있다.

[0081] 스테이지부(160)에는 본 실시예에 따른 레이저 식각장치(100)에 의해 식각될 후면 패시베이션층이 형성되어 있는 태양전지 기판이 거치된다. 스테이지부(160)는 X축 혹은 Y축을 따라 평면 상에서 2차원 이동을 하거나 Z축을 따라 상하 이동을 하여 투영부(150)를 거친 레이저 빔의 초점이 스테이지부(160)에 거치된 태양전지 기판에 맞도록 할 수 있다.

[0082] 본 실시예에서 레이저 발진부(110), 빔 확대부(120), 빔 형성부(130), 스캔부(140), 투영부(150)는 광학적으로 연결되어 있다. 광학적 현상은 광의 반사, 회절, 굴절 등 다양한 현상이 있으며, 여기에서 '광학적으로 연결된다'는 의미는 다양한 광학적 현상에 의해 한쪽 구성요소에서 출사된 광을 다른쪽 구성요소에서 수광하는 관계에 있음을 의미한다. 각 구성요소들은 직접 광학적으로 연결되거나 레이저 빔을 투과하거나 반사하는 미러, 렌즈 등을 포함하는 광학계에 의해 광학적으로 연결될 수 있다.

[0083] 도 9는 본 발명의 일 실시예에 따른 레이저 식각장치를 이용한 태양전지의 제조 시 공극 형성 방법의 순서도이다.

[0084] 후면 패시베이션층이 형성되어 있는 실리콘 기판을 스테이지부(160) 상에 거치시킨다(단계 S300). 실리콘 기판의 후면에 레이저 빔이 조사될 수 있도록 실리콘 기판이 거치되는 것이 바람직한 바, 스테이지부(160) 상면에

실리콘 기판의 후면이 상부를 향하도록 뒤집혀져 거치될 수 있다.

[0085] 태양전지의 베이스가 되는 실리콘 기판을 준비하고(단계 S302), 실리콘 기판의 후면에 패시베이션층을 형성한다(단계 S304). 이 과정 중에 태양전지를 제조함에 있어서 일반적인 텍스처링 과정, 확산 과정, 반사방지막 제조 과정 등이 더 포함될 수 있다.

[0086] 레이저 식각장치를 이용하여 가공하고자 하는 태양전지의 실리콘 기판에 대하여 기판 특성을 판단한다(단계 S310). 판단 대상이 되는 기판 특성은 레이저 빔이 조사될 실리콘 기판의 후면 패시베이션층의 재질, 두께, 적층 구조 등의 패시베이션층 정보이다.

[0087] 이와 같이 기판 특성을 분석하여 후 공정에서 공극 패턴을 형성할 때 레이저 가공조건을 설정하거나 이미 설정되어 있는 레이저 가공조건을 조정한다.

[0088] 패시베이션층 정보를 분석하는 단계 S312에서, 패시베이션층의 재질이 열적 $SiO_2$, PECVD $SiN_x$, ALD $Al_2O_3$, SiC, TCO, a-Si:H 등 중 무엇인지, 패시베이션 층의 두께가 어느정도인지, 패시베이션층이 단층 구조인지 이중층 구조인지, 혹은 후속 공정에 따라 패시베이션층에 어떠한 변화가 생겼는지를 분석한다. 이러한 분석 결과에 따라 레이저의 가공 파워, 레이저 빔의 파장, 펄스 폭, 반복률 등에 있어서 최적화된 레이저 가공조건이 설정될 수 있다.

[0089] 다른 실시예에 의하면 이러한 태양전지의 기판 특성은 태양전지가 레이저 식각장치의 스테이지부(160)로 제공되는 단계 S300 이전에 이미 판단 혹은 분석되어 있을 수도 있다.

[0090] 스테이지부(160)에 거치된 태양전지의 실리콘 기판에 대하여 레이저 빔을 조사하여 공극 패턴을 형성한다(단계 S320).

[0091] 레이저 빔을 발진하고(단계 S322), 앞서 기판 특성을 판단하여 설정된 레이저 가공조건에 따라 레이저 빔을 조정한다(단계 S324). 그리고 미리 설정된 공극 패턴에 따라 스캔함(단계 S326)으로써 후면 패시베이션층 중 제거될 위치로 레이저 빔이 집광 및 조사되도록 한다(단계 S328). 상기 과정에서 스캔은 갈바노 미러를 포함하는 스캔부(140)에 의해 수행되며, 레이저 빔의 집광 및 조사는 투영부(150)에 의해 수행될 수 있다.

[0092] 단계 S326 내지 S328를 반복 수행함으로써 스테이지부(160)에 거치된 태양전지의 실리콘 기판 전체에 대하여 원하는 공극 패턴이 형성되도록 한다.

[0093] 하나 이상의 공극이 형성되어 태양전지의 실리콘 기판 전체에 대해서 공극 패턴 형성이 완료된 이후, 태양전지를 제조하기 위한 후속 공정이 수행된다(단계 S330).

[0094] 일반적으로 태양전지의 전면과 후면에 광생성된 전하를 수집하기 위한 금속 전극을 형성한다(단계 S332). 아주 가는 선을 그물처럼 꼬아 선사이로 입자가 빠질 수 있는 구조로 망사를 만들고, 망사에서 입자가 빠지기를 원하지 않는 부분에 유제(이멀젼 코팅)로 막음으로써 일정한 패턴을 가지는 스크린을 이용한 스크린 인쇄를 통해서 금속 전극의 형성이 가능하다. 개구부가 형성된 스크린 마스크 위에 도출된 페이스트를 스퀴즈로 문질러 기판 표면에 금속 패턴을 형성할 수 있다.

[0095] 태양전지의 전극 형성에 사용되는 금속 페이스트는 전면 접촉용 금속으로서 은(Ag), 후면 전계 형성을 위한 금속으로서 알루미늄(Al), 후면 납땜용 버스바 금속으로서 알루미늄이 3% 첨가된 AgAl 등일 수 있다.

[0096] 그리고 금속 전극을 건조시키고 이후 금속 자체의 비저항을 줄이면서도 실리콘과 화학적인 접촉을 만들기 위해 소성 공정(단계 S334)을 통해 열처리를 수행하여 금속 전극의 형성을 마무리한다.

[0097] 본 발명에서는 고효율의 박형화된 태양전지로 후면 점접촉 구조를 가지는 태양전지를 가정하여 설명하였으나, 이외에도 후면 점접촉 이종 접합 구조(rear-contact Hetero-junction), 단순 후면 전극형 구조(simplified back-point contact) 등의 태양전지에서도 상술한 레이저 가공장치를 이용하여 공극을 형성할 수 있다.

[0098] 상기에서는 본 발명의 바람직한 실시예를 참조하여 설명하였지만, 해당 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 하기의 특허 청구의 범위에 기재된 본 발명의 사상 및 영역으로부터 벗어나지 않는 범위 내에서 본 발명을 다양하게 수정 및 변경시킬 수 있음을 이해할 수 있을 것이다.

## *도면의 간단한 설명*

[0099] 도 1은 두꺼운 실리콘 기판을 가지는 태양전지의 단면도.

[0100] 도 2는 얇은 실리콘 기판을 가지는 태양전지의 단면도.

[0101] 도 3은 후면 점접촉 구조를 가지는 태양전지의 단면도.

[0102] 도 4는 종래 사진 식각 기술에 따라 태양전지의 후면 패시베이션층에 공극 패턴을 형성하는 방법의 순서도.

[0103] 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 레이저 식각장치를 이용한 레이저 식각 기술에 따라 태양전지의 후면 패시베이션층에 공극 패턴을 형성하는 방법의 순서도.

[0104] 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 레이저 식각장치의 블록 구성도.

[0105] 도 7은 스캔부의 일 실시예를 나타낸 도면.

[0106] 도 8은 스캔부의 다른 실시예를 나타낸 도면.

[0107] 도 9는 본 발명의 일 실시예에 따른 레이저 식각장치를 이용한 태양전지 제조 시 공극 형성 방법의 순서도.

[0108] <도면의 주요 부분에 대한 부호의 설명>

[0109] 1, 3, 10: 실리콘 기판 2: 후면 전극

[0110] 4: 점접촉 전극 5, 11: 패시베이션층

[0111] 15: 공극 100: 레이저 식각장치

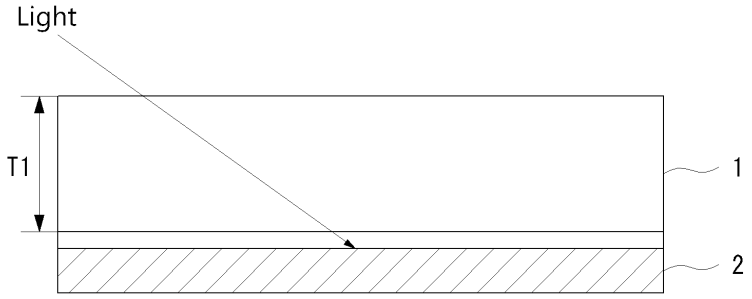
[0112] 110: 레이저 발진부 120: 빔 확대부

[0113] 130: 빔 형성부 140: 스캔부

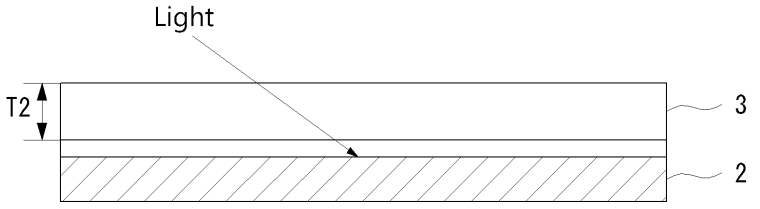
[0114] 150: 투영부 160: 스테이지부

## 도면

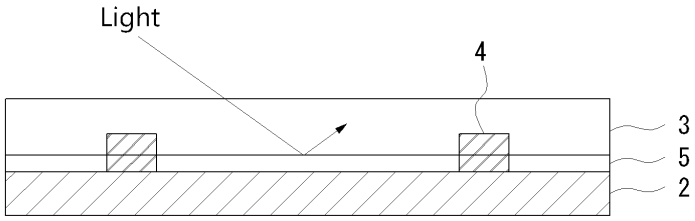
### 도면1



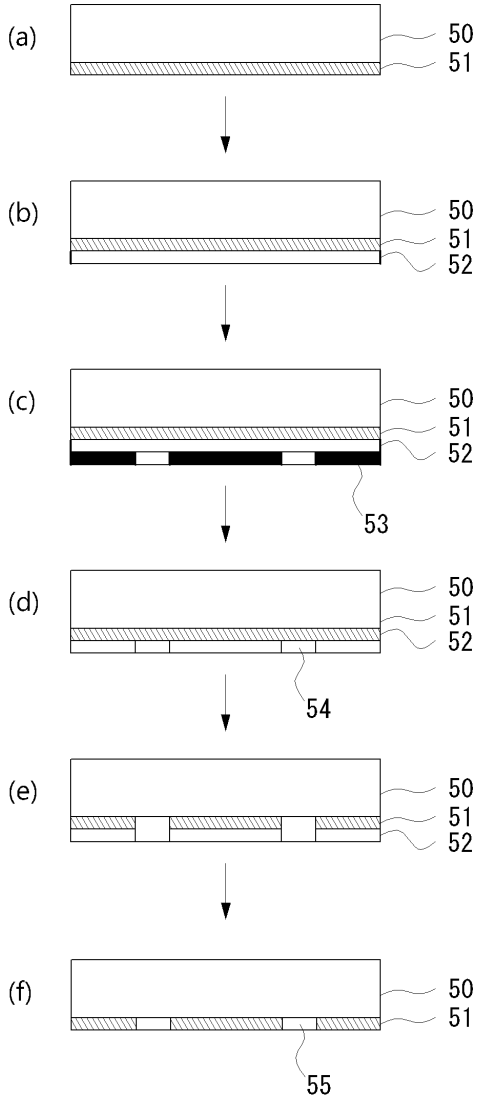

### 도면2



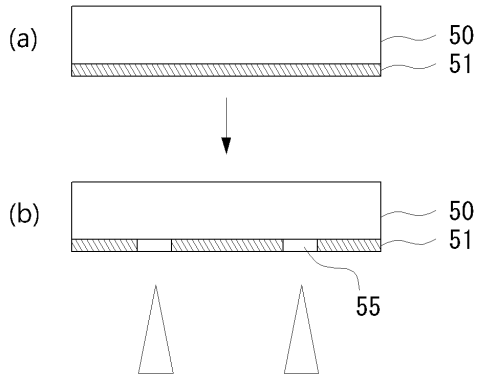
도면3


Light
4
3
5
2

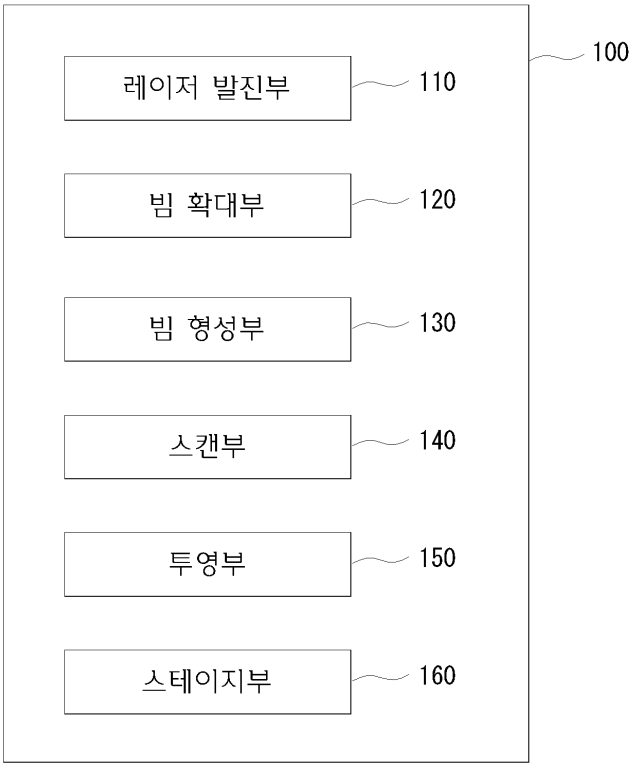
도면4


(a)
50
51
(b)
50
51
52
(c)
50
51
52
53
(d)
50
51
52
54
(e)
50
51
52
(f)
50
51
55

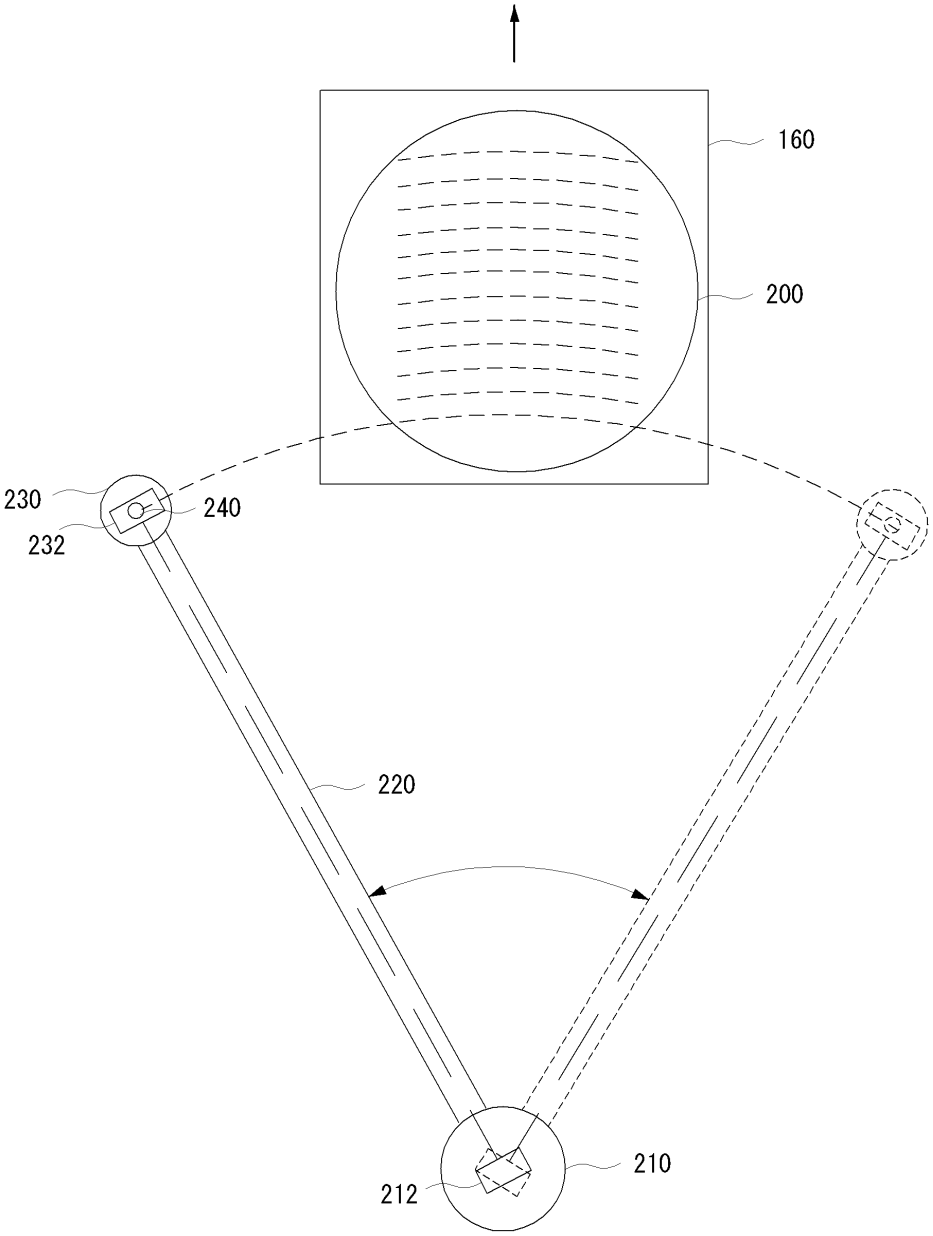
도면5


(a)
50
51
(b)
50
51
55

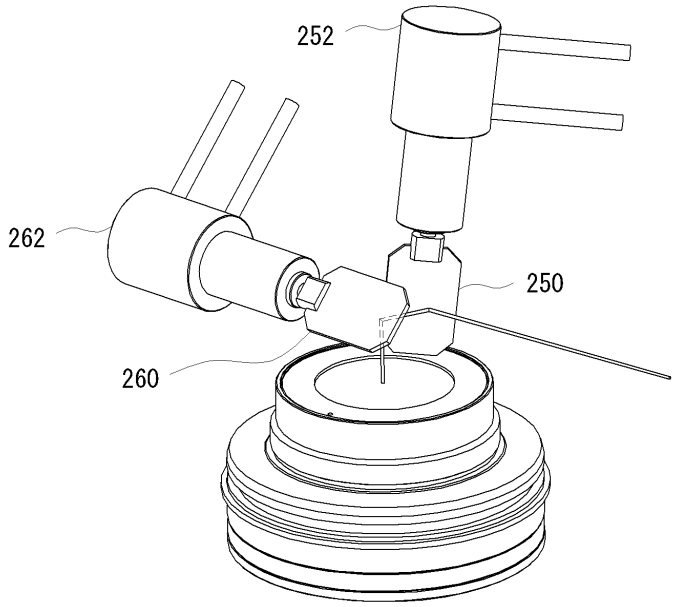
도면6


100
레이저 발진부
110
빔 확대부
120
빔 형성부
130
스캔부
140
투영부
150
스테이지부
160

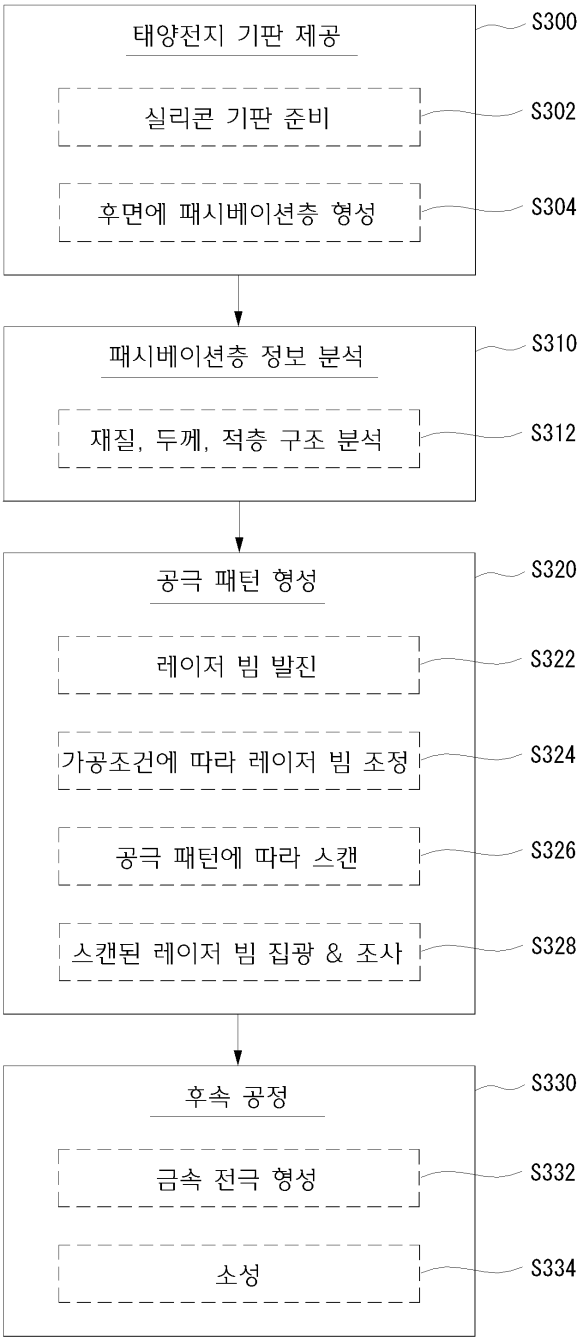
도면7



도면8



도면9


태양전지 기판 제공
S300
실리콘 기판 준비
S302
후면에 패시베이션층 형성
S304
패시베이션층 정보 분석
S310
재질, 두께, 적층 구조 분석
S312
공극 패턴 형성
S320
레이저 빔 발진
S322
가공조건에 따라 레이저 빔 조정
S324
공극 패턴에 따라 스캔
S326
스캔된 레이저 빔 집광 & 조사
S328
후속 공정
S330
금속 전극 형성
S332
소성
S334