



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2013-0084938
(43) 공개일자 2013년07월26일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

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

(21) 출원번호 10-2012-0005920

(22) 출원일자 2012년01월18일

심사청구일자 2012년01월18일

(71) 출원인

고려대학교 산학협력단

서울 성북구 안암동5가 1

(72) 발명자

윤석구

서울특별시 강남구 대치4동 916-56

이종건

서울특별시 동대문구 제기동 1153-16 휴먼플러스 604호

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

홍동우

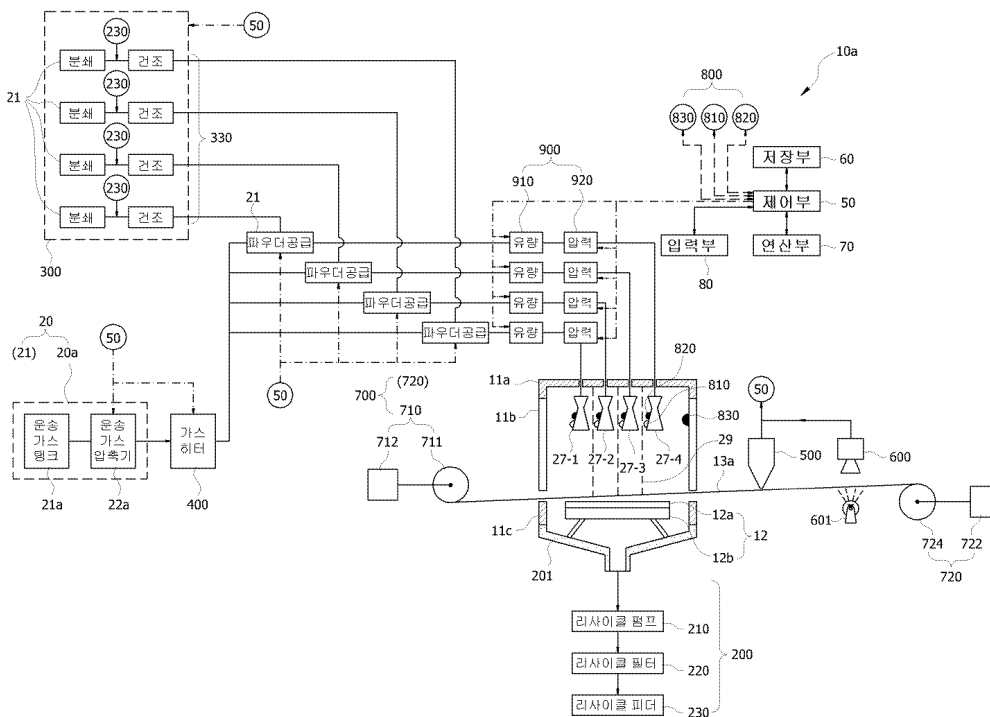
전체 청구항 수 : 총 11 항

(54) 발명의 명칭 무기물 박막 태양전지 제조 장치 및 이의 제어 방법

(57) 요약

본 발명의 다른 일면에 따르면, 본 발명은, 챔버 내 장착되어 권취 가능한 태양전지 기관이 배치되고 상기 태양전지 기관에 열을 제공하는 스테이지 가열플레이트가 구비되는 기관 스테이지; 상기 챔버의 양단 측에 배치되고, 상기 태양전지 기관이 상기 챔버를 관통하여 가동되도록 상기 태양전지 기관을 일단에서 권출시키는 권출 롤러부와, 타단에서 권취시키는 권취 롤러부를 포함하는 롤러를 유니트; 상기 챔버 내에 배치되고, 상기 태양전지 기관 상에 태양전지층을 형성하기 위하여 상기 기관 스테이지로 무기물 파우더를 포함하는 무기물 파우더 에어로졸을 초음속 유동으로 토출하는 노즐과, 상기 노즐에 상기 무기물 파우더 에어로졸을 공급하는 무기물 파우더 공급부를 구비하는 무기물 파우더 공급 유니트;를 구비하고, 상기 무기물 파우더를 상기 태양전지 기관에 증착시키는 무기물 박막 태양전지 제조 장치 및 이의 제어 방법을 제공한다.

대표도



(72) 발명자

김도연

서울특별시 영등포구 당산동5가 삼성래미안4차아파트 424동 1302호

박정재

서울특별시 강북구 삼양동 791-2882 파크빌 401호

이민욱

서울특별시 성북구 안암동5가 134-24

특허청구의 범위

청구항 1

챔버 내 장착되어 권취 가능한 태양전지 기관이 배치되고 상기 태양전지 기관에 열을 제공하는 스테이지 가열플레이트가 구비되는 기관 스테이지;

상기 챔버의 양단 측에 배치되고, 상기 태양전지 기관이 상기 챔버를 관통하여 가동되도록 상기 태양전지 기관을 일단에서 권출시키는 권출 롤러부와, 타단에서 권취시키는 권취 롤러부를 포함하는 롤투롤 유니트;

상기 챔버 내에 배치되고, 상기 태양전지 기관 상에 태양전지층을 형성하기 위하여 상기 기관 스테이지로 무기물 파우더를 포함하는 무기물 파우더 에어로졸을 초음속 유동으로 토출하는 노즐과, 상기 노즐에 상기 무기물 파우더 에어로졸을 공급하는 무기물 파우더 공급부를 구비하는 무기물 파우더 공급 유니트;를 구비하고,

상기 무기물 파우더를 상기 태양전지 기관에 증착시키는 무기물 박막 태양전지 제조 장치.

청구항 2

제 1항에 있어서,

상기 무기물 파우더 공급 유니트는, 상기 무기물 파우더 공급부와 상기 노즐 사이에 배치되는 상기 무기물 파우더 에어로졸의 유량을 조절하는 유동 레귤레이터를 구비하고,

상기 무기물 파우더 공급부는:

상기 무기물 파우더를 운송하기 위한 운송 가스를 제공하는 운송 가스부와,

상기 운송 가스를 입력받고 상기 무기물 파우더를 상기 운송 가스의 유동으로 제공하여 상기 노즐 측으로 상기 무기물 파우더 에어로졸을 공급하는 무기물 파우더 피더를 구비하는 것을 특징으로 하는 무기물 박막 태양전지 제조 장치.

청구항 3

제 2항에 있어서,

상기 운송 가스부와 상기 무기물 파우더 피더에 제공되어, 상기 운송 가스를 열을 제공하여 상기 무기물 파우더 피더로 유입되는 상기 무기물 파우더를 예열시키는 가스 히터를 더 구비하는 것을 특징으로 하는 무기물 박막 태양전지 제조 장치.

청구항 4

제 2항에 있어서,

상기 노즐에 배치되어 토출되는 상기 무기물 파우더 에어로졸의 온도를 감지하는 노즐 온도 센서와, 상기 노즐에 배치되어 토출되는 상기 무기물 파우더 에어로졸의 압력을 감지하는 노즐 압력 센서와, 상기 챔버 내 온도를 감지하는 챔버 온도 센서와, 상기 노즐과 상기 권취 롤러부 사이에 배치되어 상기 태양전지 기관의 영상 정보를 감지 취득하는 영상 감지부를 포함하는 감지 유니트와,

상기 감지 유니트에 연결되어 상기 감지 유니트에서 감지된 감지 신호를 입력받는 제어부와,

상기 제어부의 연산 제어 신호에 따라 상기 노즐 압력 센서 및 상기 노즐 온도 센서로부터 상기 노즐로부터 토출되는 무기물 에어로졸의 노즐 속도를 연산하는 연산부와,

상기 제어부가 연결되고, 상기 노즐의 토출이 정상인지 여부가 판단 가능하도록 상기 노즐 속도와 비교되는 기준 노즐 속도와, 상기 태양전지 기관의 일면 상의 상기 무기물 파우더의 두께가 정상인지 여부가 판단 가능하도록 상기 영상 정보로부터 추출되는 두께 정보와 비교되는 기준 두께를 포함하는 사전 설정 데이터를 저장하는 저장부를 포함하는 무기물 박막 태양전지 제조 장치.

청구항 5

제 4항에 있어서,

상기 멀티 노즐은 복수 개의 무기물 파우더 에어로졸을 개별적으로 초음속 유동으로 토출하는 멀티 노즐인 것을 특징으로 하는 무기물 박막 태양전지 제조 장치.

청구항 6

제 5항에 있어서,

상기 멀티 노즐은 복수 개가 구비되고, 상기 복수 개의 멀티 노즐 중 어느 하나는 나머지 멀티 노즐과 상이한 무기물 파우더를 토출하는 것을 특징으로 하는 무기물 박막 태양전지 제조 장치.

청구항 7

제 5항에 있어서,

상기 무기물 파우더는, Cu, In, Ga, Se, Cd, Te, S, Mo, ZnO 중 하나 이상을 포함하는 것을 특징으로 하는 무기물 박막 태양전지 제조 장치.

청구항 8

제 5항에 있어서,

상기 챔버와 연결되어 상기 태양전지층을 형성한 무기물 파우더 이외의 잔존 무기물 파우더를 재취합시키는 리 사이클부를 더 구비하는 것을 특징으로 하는 무기물 박막 태양전지 제조 장치.

청구항 9

청구항 제 1항의 무기물 박막 태양전지 제조 장치로서, 상기 노즐에 배치되어 토출되는 상기 무기물 파우더 에어로졸의 온도를 감지하는 노즐 온도 센서와, 상기 노즐에 배치되어 토출되는 상기 무기물 파우더 에어로졸의 압력을 감지하는 노즐 압력 센서와, 상기 챔버 내 온도를 감지하는 챔버 온도 센서와, 상기 노즐과 상기 권취 롤러부 사이에 배치되어 상기 태양전지 기관의 영상 정보를 감지 취득하는 영상 감지부를 포함하는 감지 유닛과, 상기 감지 유닛에 연결되어 상기 감지 유닛에서 감지된 감지 신호를 입력받는 제어부와, 상기 제어부의 연산 제어 신호에 따라 상기 노즐 압력 센서 및 상기 노즐 온도 센서로부터 상기 노즐로부터 토출되는 무기물 에어로졸의 노즐 속도를 연산하는 연산부와, 상기 제어부가 연결되고, 상기 노즐의 토출이 정상인지 여부가 판단 가능하도록 상기 노즐 속도와 비교되는 기준 노즐 속도와, 상기 태양전지 기관의 일면 상의 상기 무기물 파우더의 두께가 정상인지 여부가 판단 가능하도록 상기 영상 정보로부터 추출되는 두께 정보와 비교되는 기준 두께를 포함하는 사전 설정 데이터를 저장하는 저장부를 포함하는 무기물 박막 태양전지 제조 장치를 제공하는 제공 단계와,

상기 제어부가 상기 무기물 파우더 공급 유닛으로 공급 제어 신호를 인가하고, 상기 롤터를 유닛으로 이송 제어 신호를 인가하여 상기 무기물 파우더 에어로졸을 토출하여 상기 무기물 파우더를 상기 태양전지 기관에 증착시키는 분사 증착 단계와,

상기 제어부가 상기 감지 유닛에 감지 제어 신호를 인가하는 감지 단계와,

상기 제어부가 상기 감지 유닛의 감지 신호 및 상기 저장부의 사전 설정 데이터를 이용하여 상기 노즐의 노즐 속도 또는 상기 태양전지 기관의 이송 속도를 조정하는 조정 단계를 포함하는 무기물 박막 태양전지 제조 장치 제어 방법.

청구항 10

제 9항에 있어서,

상기 무기물 파우더 공급 유닛에는, 상기 무기물 파우더 공급부와 상기 노즐 사이에 배치되는 상기 무기물 파우더에어로졸의 유량을 조절하는 유동 레귤레이터가 구비되고, 상기 무기물 파우더 공급부에는: 상기 무기물 파우더를 운송하기 위한 운송 가스를 제공하는 운송 가스부와, 상기 운송 가스를 입력받고 상기 무기물 파우더를 상기 운송 가스의 유동으로 제공하여 상기 노즐 측으로 상기 무기물 파우더 에어로졸을 공급하는 무기물 파우더 피더가 구비되고,

상기 운송 가스부와 상기 무기물 파우더 피더에 제공되어, 상기 운송 가스를 열을 제공하여 상기 무기물 파우더 피더로 유입되는 상기 무기물 파우더를 예열시키는 가스 히터가 더 구비되고,

상기 분사 증착 단계는:

상기 제어부가 상기 운송 가스부에 운송 제어 신호를 인가하고, 상기 가스 히터에 예열 제어 신호를 인가하여 상기 운송 가스를 예열시키는 예열 단계와,

상기 무기물 파우더 피더에 상기 무기물 파우더를 제공하도록 피딩 제어 신호를 인가하는 파우더 공급 단계와,

상기 제어부가 상기 유동 레귤레이터에 유동 제어 신호를 인가하여 상기 노즐로부터 상기 무기물 파우더 에어로 졸을 토출시키는 토출 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 무기물 박막 태양전지 제조 장치 제어 방법.

청구항 11

제 10항에 있어서,

상기 조정 단계는:

상기 연산부가 상기 제어부의 연산 제어 신호에 따라 상기 노즐 압력 센서 및 상기 노즐 온도 센서를 이용하여 상기 노즐로부터 토출되는 무기물 에어로졸의 노즐 속도를 연산하는 노즐 속도 연산 단계와,

상기 제어부가 상기 노즐 속도와 상기 기준 노즐 속도를 비교하는 노즐 속도 판단 단계와,

상기 노즐 속도 판단 단계에서, 상기 노즐 속도가 상기 기준 노즐 속도에 부합하는 경우 상기 영상 정보로부터 추출되는 두께 정보를, 상기 기준 두께와 비교하는 증착 두께 판단 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 무기물 박막 태양전지 제조 장치 제어 방법.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 태양전지 제조 장치에 관한 것으로, 미세하고 치밀한 구조의 태양전지층을 구비하는 태양전지를 제조하는 태양전지의 제조 장치에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 기존 태양전지 태양전지층 형성을 위한 방법으로는 진공 공정으로 스퍼터링, Thermal evaporation, CVD, PVD 등 비용과 시간이 많이 필요한 공정이 대부분이었다.

[0003] 이를 대체하기 위한 방식으로 스크린 프린팅, 잉크젯 프린팅 방식 등이 제시되었으나, 종래 기술에 따른 스크린 프린팅의 접촉 방식 과 잉크젯 프린팅의 토출 한계는 태양전지층 형성의 제한적인 측면으로 단점을 지녔다.

[0004] 즉, 도 1의 (a) 및 (b)에는 종래 기술에 따른 스크린 프린팅 방식의 전극 형성 과정이 도시되는데, 스크린 프레임(2)에 형성된 스크린(3)을 기관(1)의 대응되는 위치에 배치시킨다. 그런 후, 스크린 관통구(4)가 형성된 스크린(3)의 일면 상에 페이스트(6)를 배치한 수 스퀴즈(5)를 사용하여 도면상 좌측으로부터 우측으로 수직 가압력을 인가한 상태에서 이동시킴에 따라 페이스트(6)는 기관(1)의 일면 상에 층(6b)을 형성한다. 이와 같은 스크린 프린팅 방식은 종래의 다른 기술인 포토리소그래피 방식에 비해 상온 상압에서의 제조를 가능하게 하여 제조 시간 및 제조 원가 측면에서 현저한 우수성을 지닌다는 장점이 있었다.

[0005] 하지만, 도 2에 도시된 바와 같이, 종래의 스크린 프린팅 방식의 경우 기관(1)의 일면 상에 형성된 층(6b)은 최고 높이(h1)를 구비하는 중앙부 대비 좌우 양측의 스프레딩 영역(As)에 대하여 최고 높이(h1) 대비하여 낮은 높이(h2)를 구비함으로써 종횡비가 상당히 낮아 스프레딩 영역의 증대로 인하여 태양전지의 수광 면적을 감소시켜 웨이딩 손실을 증대시키고 이로 인하여 태양전지의 효율을 저하시키는 문제점이 수반된다.

[0006] 이와 같이, 종래의 통상적인 CIGS 박막의 제조 공정은 동시증착(co-evaporation)법, 스퍼터링(sputtering)법, 전착(electro-deposition)법, 유기금속 기상성장법(molecular organic chemical vapor deposition, MOCVD)법 등으로 매우 다양한데, 이러한 종래 기술에 따른 방법들은 대면적화가 어렵고, 진공장치 내부의 오염이 심각하며, 양질의 박막 제작이 용이치 않은 단점이 문제가 되고 있다.

[0007] 또한, 종래의 CIGS 박막 제조과정 중 전구체를 사용하는 전착(electro-deposition)법, 스핀증착(spin coating)법, 닥터블레이드(doctor blade)법, 초음파 스프레이(ultrasonic spray)법 등의 방법의 경우, 에탄올(ethanol), 프로필렌글리콜(propylene glycol) 등과 같은 용매에 구리, 인듐, 갈륨 등과 같은 용질을 넣어 전구체를 만들어 위와 같은 증착 방법들을 이용하여 CIGS 박막을 생성시키나, 이러한 방식으로 생성된 CIGS 박막에는 탄소층(carbon layer)이 잔류물로 존재하게 되는데 이와 같은 탄소층은 광변환효율의 심각하게 저하시키는 문제점을 야기시킨다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0008] 본 발명은 마이크로 단위의 무기물 파우더를 사용 가능하고, 이를 통한 미세 태양전지층을 형성할 수 있는 무기물 박막 태양전지 제조 장치 및 이의 제어 방법 제공하는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

[0009] 전술한 목적을 달성하기 위한 본 발명은, 챔버 내 장착되어 태양전지 기관이 배치되는 기관 스테이지; 상기 태양전지 기관 상에 태양전지층을 형성하기 위하여 상기 기관 스테이지로 무기물 파우더를 포함하는 무기물 파우더 에어로졸을 초음속 유동으로 토출하는 노즐과, 상기 노즐에 상기 무기물 파우더 에어로졸을 공급하는 무기물 파우더 공급부를 구비하는 무기물 파우더 공급 유니트;를 구비하는 무기물 박막 태양전지 제조 장치를 제공한다.

[0010] 상기 무기물 박막 태양전지 제조 장치에 있어서, 상기 노즐과 상기 기관 스테이지 사이에 전압을 인가하는 전압 공급부; 및 상기 무기물 파우더 공급부에 무기물 파우더 에어로졸 공급 제어 신호를 그리고 상기 전압 공급부에 전압 공급 제어 신호를 인가하는 제어부를 구비할 수도 있다.

[0011] 상기 무기물 박막 태양전지 제조 장치에 있어서, 상기 멀티 노즐은 복수 개의 무기물 파우더 에어로졸을 개별적으로 초음속 유동으로 토출하는 멀티 노즐일 수도 있다.

[0012] 상기 무기물 박막 태양전지 제조 장치에 있어서, 상기 무기물 파우더는, Cu, In, Ga, Se, Cd, Te, S, Mo, ZnO 중 하나 이상을 포함할 수도 있다.

[0013] 상기 무기물 박막 태양전지 제조 장치에 있어서, 상기 멀티 노즐의 개별 노즐 토출구는 상기 태양전지 기관에 대하여 사전 설정된 토출각을 구비할 수도 있다.

[0014] 상기 무기물 박막 태양전지 제조 장치에 있어서, 상기 챔버와 연결되어 상기 태양전지층을 형성한 무기물 파우더 이외의 무기물 파우더를 포집, 재취합시키는 리사이클부를 더 구비할 수도 있다.

[0015] 상기 무기물 박막 태양전지 제조 장치에 있어서, 상기 멀티 노즐은 상기 노즐 토출구를 개별적으로 가동시키는 노즐 토출구 액츄에이터를 구비할 수도 있다.

[0016] 본 발명의 다른 일면에 따르면, 본 발명은, 챔버 내 장착되어 권취 가능한 태양전지 기관이 배치되고 상기 태양전지 기관에 열을 제공하는 스테이지 가열플레이트가 구비되는 기관 스테이지; 상기 챔버의 양단 측에 배치되고, 상기 태양전지 기관이 상기 챔버를 관통하여 가동되도록 상기 태양전지 기관을 일단에서 권출시키는 권출 롤러부와, 타단에서 권취시키는 권취 롤러부를 포함하는 롤투롤 유니트; 상기 챔버 내에 배치되고, 상기 태양전지 기관 상에 태양전지층을 형성하기 위하여 상기 기관 스테이지로 무기물 파우더를 포함하는 무기물 파우더 에어로졸을 초음속 유동으로 토출하는 노즐과, 상기 노즐에 상기 무기물 파우더 에어로졸을 공급하는 무기물 파우더 공급부를 구비하는 무기물 파우더 공급 유니트;를 구비하고, 상기 무기물 파우더를 상기 태양전지 기관에 증착시키는 무기물 박막 태양전지 제조 장치를 제공한다.

[0017] 상기 무기물 박막 태양전지 제조 장치에 있어서, 상기 무기물 파우더 공급 유니트는, 상기 무기물 파우더 공급부와 상기 노즐 사이에 배치되는 상기 무기물 파우더 에어로졸의 유량을 조절하는 유동 레귤레이터를 구비하고, 상기 무기물 파우더 공급부는: 상기 무기물 파우더를 운송하기 위한 운송 가스를 제공하는 운송 가스부와, 상기 운송 가스를 입력받고 상기 무기물 파우더를 상기 운송 가스의 유동으로 제공하여 상기 노즐 측으로 상기 무기물 파우더 에어로졸을 공급하는 무기물 파우더 피더를 구비할 수도 있다.

[0018] 상기 무기물 박막 태양전지 제조 장치에 있어서, 상기 운송 가스부와 상기 무기물 파우더 피더에 제공되어, 상기 운송 가스를 열을 제공하여 상기 무기물 파우더 피더로 유입되는 상기 무기물 파우더를 예열시키는 가스 히

터를 더 구비할 수도 있다.

- [0019] 상기 무기물 박막 태양전지 제조 장치에 있어서, 상기 노즐에 배치되어 토출되는 상기 무기물 파우더 에어로졸의 온도를 감지하는 노즐 온도 센서와, 상기 노즐에 배치되어 토출되는 상기 무기물 파우더 에어로졸의 압력을 감지하는 노즐 압력 센서와, 상기 챔버 내 온도를 감지하는 챔버 온도 센서와, 상기 노즐과 상기 권취 롤러부 사이에 배치되어 상기 태양전지 기관의 영상 정보를 감지 취득하는 영상 감지부를 포함하는 감지 유니트와, 상기 감지 유니트에 연결되어 상기 감지 유니트에서 감지된 감지 신호를 입력받는 제어부와, 상기 제어부의 연산 제어 신호에 따라 상기 노즐 압력 센서 및 상기 노즐 온도 센서로부터 상기 노즐로부터 토출되는 무기물 에어로졸의 노즐 속도를 연산하는 연산부와, 상기 제어부가 연결되고, 상기 노즐의 토출이 정상인지 여부가 판단 가능하도록 상기 노즐 속도와 비교되는 기준 노즐 속도와 상기 태양전지 기관의 일면 상의 상기 무기물 파우더의 두께가 정상인지 여부가 판단 가능하도록 상기 영상 정보로부터 추출되는 두께 정보와 비교되는 기준 두께를 포함하는 사전 설정 데이터를 저장하는 저장부를 포함할 수도 있다.
- [0020] 상기 무기물 박막 태양전지 제조 장치에 있어서, 상기 멀티 노즐은 복수 개의 무기물 파우더 에어로졸을 개별적으로 초음속 유동으로 토출하는 멀티 노즐일 수도 있다.
- [0021] 상기 무기물 박막 태양전지 제조 장치에 있어서, 상기 멀티 노즐은 복수 개가 구비되고, 상기 복수 개의 멀티 노즐 중 어느 하나는 나머지 멀티 노즐과 상이한 무기물 파우더를 토출할 수도 있다.
- [0022] 상기 무기물 박막 태양전지 제조 장치에 있어서, 상기 무기물 파우더는, Cu, In, Ga, Se, Cd, Te, S, Mo, ZnO 중 하나 이상을 포함할 수도 있다.
- [0023] 상기 무기물 박막 태양전지 제조 장치에 있어서, 상기 챔버와 연결되어 상기 태양전지층을 형성한 무기물 파우더 이외의 잔존 무기물 파우더를 채취합시키는 리사이클부를 더 구비할 수도 있다.
- [0024] 본 발명의 또 다른 일면에 따르면, 본 발명은, 청구항 제 1항의 무기물 박막 태양전지 제조 장치로서, 상기 노즐에 배치되어 토출되는 상기 무기물 파우더 에어로졸의 온도를 감지하는 노즐 온도 센서와, 상기 노즐에 배치되어 토출되는 상기 무기물 파우더 에어로졸의 압력을 감지하는 노즐 압력 센서와, 상기 챔버 내 온도를 감지하는 챔버 온도 센서와, 상기 노즐과 상기 권취 롤러부 사이에 배치되어 상기 태양전지 기관의 영상 정보를 감지 취득하는 영상 감지부를 포함하는 감지 유니트와, 상기 감지 유니트에 연결되어 상기 감지 유니트에서 감지된 감지 신호를 입력받는 제어부와, 상기 제어부의 연산 제어 신호에 따라 상기 노즐 압력 센서 및 상기 노즐 온도 센서로부터 상기 노즐로부터 토출되는 무기물 에어로졸의 노즐 속도를 연산하는 연산부와, 상기 제어부가 연결되고, 상기 노즐의 토출이 정상인지 여부가 판단 가능하도록 상기 노즐 속도와 비교되는 기준 노즐 속도와, 상기 태양전지 기관의 일면 상의 상기 무기물 파우더의 두께가 정상인지 여부가 판단 가능하도록 상기 영상 정보로부터 추출되는 두께 정보와 비교되는 기준 두께를 포함하는 사전 설정 데이터를 저장하는 저장부를 포함하는 무기물 박막 태양전지 제조 장치를 제공하는 제공 단계와, 상기 제어부가 상기 무기물 파우더 공급 유니트로 공급 제어 신호를 인가하고, 상기 롤터를 유니트로 이송 제어 신호를 인가하여 상기 무기물 파우더 에어로졸을 토출하여 상기 무기물 파우더를 상기 태양전지 기관에 증착시키는 분사 증착 단계와, 상기 제어부가 상기 감지 유니트에 감지 제어 신호를 인가하는 감지 단계와, 상기 제어부가 상기 감지 유니트의 감지 신호 및 상기 저장부의 사전 설정 데이터를 이용하여 상기 노즐의 노즐 속도 또는 상기 태양전지 기관의 이송 속도를 조정하는 조정 단계를 포함하는 무기물 박막 태양전지 제조 장치 제어 방법을 제공한다.
- [0025] 상기 무기물 박막 태양전지 제조 장치 제어 방법에 있어서, 상기 무기물 파우더 공급 유니트에는, 상기 무기물 파우더 공급부와 상기 노즐 사이에 배치되는 상기 무기물 파우더에어로졸의 유량을 조절하는 유동 레귤레이터가 구비되고, 상기 무기물 파우더 공급부에는: 상기 무기물 파우더를 운송하기 위한 운송 가스를 제공하는 운송 가스부와, 상기 운송 가스를 입력받고 상기 무기물 파우더를 상기 운송 가스의 유동으로 제공하여 상기 노즐 측으로 상기 무기물 파우더 에어로졸을 공급하는 무기물 파우더 피더가 구비되고, 상기 운송 가스부와 상기 무기물 파우더 피더에 제공되어, 상기 운송 가스를 열을 제공하여 상기 무기물 파우더 피더로 유입되는 상기 무기물 파우더를 예열시키는 가스 히터가 더 구비되고, 상기 분사 증착 단계는: 상기 제어부가 상기 운송 가스부에 운송 제어 신호를 인가하고, 상기 가스 히터에 예열 제어 신호를 인가하여 상기 운송 가스를 예열시키는 예열 단계와, 상기 무기물 파우더 피더에 상기 무기물 파우더를 제공하도록 피딩 제어 신호를 인가하는 파우더 공급 단계와, 상기 제어부가 상기 유동 레귤레이터에 유동 제어 신호를 인가하여 상기 노즐로부터 상기 무기물 파우더 에어로졸을 토출시키는 토출 단계를 포함할 수도 있다.
- [0026] 상기 무기물 박막 태양전지 제조 장치 제어 방법에 있어서, 상기 조정 단계는: 상기 연산부가 상기 제어부의 연

산 제어 신호에 따라 상기 노즐 압력 센서 및 상기 노즐 온도 센서를 이용하여 상기 노즐로부터 토출되는 무기물 에어로졸의 노즐 속도를 연산하는 노즐 속도 연산 단계와, 상기 제어부가 상기 노즐 속도와 상기 기준 노즐 속도를 비교하는 노즐 속도 판단 단계와,

[0027] 상기 노즐 속도 판단 단계에서, 상기 노즐 속도가 상기 기준 노즐 속도에 부합하는 경우 상기 영상 정보로부터 추출되는 두께 정보를, 상기 기준 두께와 비교하는 증착 두께 판단 단계를 포함할 수도 있다.

발명의 효과

[0028] 상기한 바와 같은 구성을 갖는 본 발명에 따른 무기물 박막 태양전지 제조 장치 및 이의 제어 방법은 다음과 같은 효과를 갖는다.

[0029] 첫째, 본 발명에 따른 무기물 박막 태양전지 제조 장치 및 이의 제어 방법은, 저온 스프레이 방식을 통하여 고가의 노즐의 미세화를 수반하지 않더라도 작은 크기의 무기물 파우더 에어로졸의 토출을 가능하게 하고 전압 공급부를 통한 정확하고 안정적인 미세 태양전지층 형성을 가능하게 하여 태양전지의 효율 증대 및 제조 원가 절감을 이룰 수 있다.

[0030] 둘째, 본 발명에 따른 무기물 박막 태양전지 제조 장치 및 이의 제어 방법은, 저온 스프레이 방식을 통하여 고가의 미세 노즐을 불필요하게 함으로써 마이크로 사이즈의 무기물 파우더를 포함하는 에어로졸의 토출을 가능하게 하여 재료 원가를 현저하게 저감시켜 생산 원가를 절감시킬 수도 있다.

[0031] 셋째, 본 발명에 따른 무기물 박막 태양전지 제조 장치 및 이의 제어 방법은, 간단한 비접촉식 태양전지층 형성을 가능하게 하여 보다 정밀한 미세 태양전지층 형성이 가능하고 공정의 단순화로 인한 생산 수율을 현저하게 증대시킬 수도 있다.

[0032] 넷째, 본 발명에 따른 무기물 박막 태양전지 제조 장치 및 이의 제어 방법은, 멀티 노즐을 통한 동시 분사 내지 선택적 국부 분사를 가능하게 하여 CIGS 층과 같은 태양전지층의 조직의 치밀성을 정확하게 조정하여 내구성이 우수한 태양전지층을 형성할 수 있다.

[0033] 다섯째, 본 발명에 따른 무기물 박막 태양전지 제조 장치 및 이의 제어 방법은, 멀티 노즐을 통한 동시 분사 내지 선택적 국부 분사를 가능하게 하여 CIGS 층과 같은 태양전지층의 조직의 구성비를 정확하고 균일하게 조정하여 우수한 균일도 인한 고효율의 태양전지층을 형성할 수 있다.

[0034] 여섯째, 본 발명에 따른 무기물 박막 태양전지 제조 장치 및 이의 제어 방법은, 멀티 노즐을 통한 동시 분사 내지 선택적 국부 분사를 가능하게 하고, 전압 공급부를 통한 정전기장에 의한 충격량의 증배 내지 정밀한 타겟팅 효과를 수반하여 CIGS 층과 같은 태양전지층의 조직의 구성비를 정확하고 균일하게 조정하여 우수한 균일도 인한 고효율의 태양전지층을 형성과 동시에 대면적화를 이루어 생산 수율을 증대시킬 수도 있다.

[0035] 일곱째, 본 발명에 따른 무기물 박막 태양전지 제조 장치 및 이의 제어 방법은, 롤투를 유니트를 통하여 권취 가능한 연속적인 태양전지 기판에 대하여도 저온 초음속 유동을 통한 태양전지층 코팅을 가능하게 하여 생산 수율을 극대화할 수도 있다.

[0036] 여덟째, 본 발명에 따른 무기물 박막 태양전지 제조 장치 및 이의 제어 방법은, 운송 가스의 예열을 통하여 고온 운송 가스에 투입되는 나노 사이즈의 무기물 파우더의 입자를 멜팅 상태를 형성하고 운동량을 증대시켜 태양전지 기판에 보다 용이한 증착을 이루도록 할 수도 있다.

[0037] 아홉째, 본 발명에 따른 무기물 박막 태양전지 제조 장치 및 이의 제어 방법은, 기판 스테이지의 가열을 통하여 초음속 유동을 통하여 태양전지 기판에 증착 코팅되는 Cu, In, Se, Ga 등과 같은 무기물 파우더의 입자의 치밀한 증착을 유도하고 결정화를 이루도록 하여 공극을 최소화하는 치밀한 조직의 태양전지층을 형성함으로써, 광전환 효율을 극대화시키는 태양전지를 제공할 수 있다.

[0038] 열번째, 본 발명에 따른 무기물 박막 태양전지 제조 장치 및 이의 제어 방법은, 전구체 형성을 배제하고 실온인 저온 상압하에서 태양전지층의 형성을 이룸으로써, 전구체 사용으로 인하여 수반된 탄소층을 배제함으로써 태양전지층의 광전환 효율을 극대화시킬 수도 있고, 상압 하에서 이루어지는 공정을 통하여 제조 비용을 최소화할 수 있으며, 상압 하 공정으로 인한 챔버의 구조를 간단화를 가능하게 하여 챔버 실내의 육안 관찰을 가능하게 함으로써 태양전지 제조 과정을 작업자가 용이하게 관측 가능하도록 할 수도 있다.

[0039] 열한번째, 본 발명에 따른 무기물 박막 태양전지 제조 장치 및 이의 제어 방법은, 태양전지층의 두께 내지 노즐의 압력과 온도 측정을 통하여 토출되는 입자의 속도를 실시간으로 감지하여 이를 통한 제어 과정을 수행함으로써

써 설계된 구조의 양질의 태양전지층을 구비하는 태양전지를 제조하도록 할 수 있다.

[0040] 본 발명은 도면에 도시된 일실시예들을 참고로 설명되었으나 이는 예시적인 것에 불과하며, 본 기술 분야의 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 다른 실시예가 가능하다는 점을 이해할 것이다. 따라서, 본 발명의 진정한 기술적 보호 범위는 첨부된 특허 청구 범위의 기술적 사상에 의해 정해져야 할 것이다.

도면의 간단한 설명

[0041] 도 1는 종래 기술에 따른 전극 형성 과정을 나타내는 개략적인 상태도이다.
 도 2는 종래 기술에 따른 전극의 개략적인 상태도이다.
 도 3은 본 발명의 일실시예에 따른 무기물 박막 태양전지 제조 장치의 개략적인 상태도이다.
 도 4는 본 발명의 일실시예에 따른 무기물 박막 태양전지 제조 장치의 멀티 노즐의 상태도이다.
 도 5는 본 발명의 일실시예에 따른 무기물 박막 태양전지 제조 장치의 멀티 노즐의 다른 일예의 상태도이다.
 도 6은 본 발명의 일실시예에 따른 무기물 박막 태양전지 제조 장치의 멀티 노즐의 또 다른 일예의 상태도이다.
 도 7은 본 발명의 다른 실시예에 따른 무기물 박막 태양전지 제조 장치의 개략적인 구성도이다.
 도 8 내지 도 10은 본 발명의 다른 실시예에 따른 무기물 박막 태양전지 제조 장치의 노즐부 및 챔버의 배치 상태를 나타내는 개략적인 상태도이다.
 도 11 내지 도 13은 본 발명의 다른 실시예에 따른 무기물 박막 태양전지 제조 장치의 제어 과정을 나타내는 흐름도이다.
 도 14는 본 발명의 다른 실시예에 따른 무기물 박막 태양전지 제조 장치에서 사용되는 무기물 파우더의 개략적인 재료 증착율을 나타내는 선도이다.
 도 15 및 도 16은 본 발명의 다른 실시예에 따른 무기물 박막 태양전지 제조 장치를 통하여 형성된 태양전지 기관 상의 태양전지층의 단면 상태 및 이를 통한 X선 회절 상태를 나타내는 회절 분석 선도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0042] 이하에서는 무기물 박막 태양전지 제조 장치 및 이의 제조 방법에 대하여 도면을 참조하여 설명하기로 한다.

[0043] 도 3에는 본 발명의 일실시예에 따른 무기물 박막 태양전지 제조 장치의 개략적인 상태도가 도시되고, 도 4에는 본 발명의 일실시예에 따른 무기물 박막 태양전지 제조 장치의 멀티 노즐의 상태도가 도시되고, 도 5에는 본 발명의 일실시예에 따른 무기물 박막 태양전지 제조 장치의 멀티 노즐의 다른 일예의 상태도가 도시되고, 도 6에는 본 발명의 일실시예에 따른 무기물 박막 태양전지 제조 장치의 멀티 노즐의 또 다른 일예의 상태도가 도시된다.

[0044] 본 발명의 일실시예에 따른 무기물 박막 태양전지 제조 장치(10)는 기관 스테이지(12)와, 무기물 파우더 공급 유닛(20,27)와, 전압 공급부(90a)를 포함하고, 이들에 제어 신호를 인가하기 위한 제어부(50)와, 제어부(50)와 연결되어 사전 설정 데이터를 저장하는 저장부(60)와, 제어부(50)의 연산 제어 신호에 따라 연산 기능을 실행하는 연산부(70)를 포함한다.

[0045] 기관 스테이지(12)는 비진공 상온 상에 배치된다. 기관 스테이지(12)는 챔버(11)의 내부에 배치되는데, 챔버(11)는 비진공 상온 상태를 형성한다. 기관 스테이지(12)의 일면 상에는 태양전지 기관(13)이 배치된다.

[0046] 기관 스테이지(12)는 본 실시예에서 X-Y-Z축으로 가동을 이루는 스테이지로 구성될 수 있는데, 기관 스테이지(12)는 도 1의 노즐(27)과 기관 스테이지(12)를 잇는 선분에 수직한 평면 상의 X-Y 평면 상에서 이동을 이룰 수 있고, 경우에 따라 하기되는 노즐(27)과 이루는 선분을 향한 수직 방향인 Z축으로의 이동을 이룰 수도 있다. 기관 스테이지(12)도 제어부(50)와 연결되어 제어부(50)의 스테이지 제어 신호에 따라 가동될 수 있다.

[0047] 무기물 파우더 공급 유닛(20,27)는 무기물 파우더 공급부(20)와 노즐(27)을 포함한다. 노즐(27)은 기관 스테이지(12)로 무기물 파우더를 포함하는 무기물 파우더 에어로졸을 태양전지 기관(13)으로 토출하여 태양전지 기관(13) 상에 태양전지층을 형성하고, 무기물 파우더 공급부(20)는 노즐(27)에 무기물 파우더 에어로졸을 공급한다. 본 실시예에서의 노즐(27)은 무기물 파우더 에어로졸의 초음속 유동을 형성하기 위하여 수렴/확산(converge/diverge) 형상 구조의 노즐로 이루어진다. 즉, 수렴 구간을 거쳐 확산 구간을 벗어나는 무기물 파우

더 에어로졸은 태양전지 기관(13)을 향하여 초음속 유동을 이루며 토출된다. 이와 같은 초음속 유동의 무기물 파우더 에어로졸은 태양전지 기관에의 태양전지 층 형성시 적절한 충격량으로 인하여 형성되는 태양전지 층의 조직을 밀도있게 형성함으로써 전자의 이동을 보다 원활하게 하여 궁극적으로 태양전지의 광전환 효율을 증대시킬 수 있다.

[0048] 무기물 파우더 공급부(20)를 통하여 전달되는 노즐(27)에 전달되는 무기물 파우더 에어로졸은 노즐(27)을 통하여 태양전지 기관(13)을 향하여 토출 분사되는데, 무기물 파우더 공급부(20)는 무기물 파우더가 제공되는 무기물 파우더 피더(미도시)와 무기물 파우더를 노즐(27)을 통하여 태양전지 기관(13)으로 토출 분사시키는 무기물 파우더 에어로졸을 형성하기 위한 캐리어 가스(carrier gas)로서의 운송 가스를 제공하는 운송 가스부(20a)가 포함될 수 있다.

[0049] 즉, 운송 가스부(20a)에서 공급되는 고압의 운송 가스와 무기물 파우더 공급부의 무기물 파우더 피더를 통하여 공급되는 무기물 파우더는 노즐(27)로 공급되는데, 운송 가스가 노즐에서 분출되는 과정에서 공급된 무기물 파우더도 함께 토출되어 무기물 파우더 에어로졸의 형태로 분출된다.

[0050] 운송 가스로는 N₂와 같은 불활성 가스로 선택되는 것이 바람직하다. 노즐(27)로 공급되는 운송 가스는 가스 히터(400)를 통하여 사전 가열된 고압 가스의 형태로 노즐(27)로 전달되고, 노즐(27)로 공급된 무기물 파우더는 고압 가스의 운송 가스(27)가 분출되는 과정에서 혼합되어, 수렴/확산 노즐 형상으로 구현되는 노즐(27)로부터 토출 분사되는 과정에서 무기물 파우더 에어로졸을 형성한 후 초음속 유동을 이루어 기관 스테이지(12)에 배치되는 태양전지 기관(13)의 일면 상에 분사된다.

[0051] 무기물 파우더 공급부(20)의 전단에는 무기물 파우더 제공부(300)가 더 구비될 수도 있는데, 무기물 파우더 제공부(300)는 분쇄된 무기물 파우더를 제공하는 무기물 파우더 제공부(300)를 더 구비할 수 있다.

[0052] 무기물 파우더 제공부(300)는 무기물 파우더 분쇄기(310)와 무기물 파우더 건조부(330)를 구비한다. 무기물 파우더 분쇄기(310)는 볼밀(ball mill) 형태로 구성되면 입력 제공되는 금속 재료를 분쇄하여 사전 설정된 크기, 본 실시예에서는 마이크로 사이즈 이하의 무기물 파우더로 분쇄한다.

[0053] 무기물 파우더 건조부(330)는 무기물 파우더 분쇄기(310)에서 분쇄된 무기물 파우더를 입력받아 이를 사전 설정된 조건 하에서 건조 과정을 실시한다. 무기물 파우더 건조부(33)에서 수분이 제거된 무기물 파우더는 무기물 파우더 공급부(20)를 거쳐 노즐(27)로 전달되어 노즐(27)에서 초음속 유동의 형태로 토출 분사될 수 있다.

[0054] 또한, 본 발명에 따른 태양전지 태양전지층 형성 장치(10)는 리사이클부(200)를 더 구비할 수도 있다. 리사이클부(200)는 챔버(11)와 연결되어 챔버(11) 내부의 운송 가스를 재순환시켜 챔버(11) 내부에서 부유하는 무기물 파우더를 포집하여 재취합시킨다.

[0055] 포집된 무기물 파우더를 작업자가 일정 주기마다 취합하여 무기물 파우더 공급부(20) 또는 무기물 파우더 제공부(300)로 입력시킬 수도 있으나, 본 실시예에 따른 리사이클부(200)는 리사이클 펌프(210)와 리사이클 필터(220)와 리사이클 피더(230)를 포함한다.

[0056] 제어부(50)는 리사이클부(200)의 리사이클 펌프(210)에 리사이클 펌프 제어 신호를 인가하여 리사이클 펌프(210)를 가동시켜 리사이클 필터(220)를 통하여 재순환 과정에서 무기물 파우더가 포집된 경우 리사이클 피더(230)에 리사이클 피딩 제어 신호를 인가형 포지된 무기물 파우더를 다시 무기물 파우더 제공부(300)로 공급하는 일련의 리사이클링 과정을 실행할 수 있다.

[0057] 본 발명의 일실시예에 따른 무기물 박막 태양전지 제조 장치(10)는 전압 공급부(90a)를 구비한다. 전압 공급부(90a)는 노즐(27)과 기관 스테이지(12) 사이에 전압을 인가하는데, 제어부(50)는 전압 공급부(90a)에 전압 인가 제어 신호를 인가하여 전압 공급부(90a)로 하여금 소정의 사전 설정된 토출 신호를 인가함으로써 노즐(27)로부터 초음속 토출되는 무기물 파우더 에어로졸의 가속력을 증진시켜 태양전지 기관으로의 무기물 장착을 증진시켜 보다 치밀한 태양전지층을 형성할 수 있다. 제어부(50)로부터 전압 공급부(90a)로 인가되는 전압 공급 제어 신호를 통하여 노즐(27) 및 기관 스테이지(12) 사이에 인가되는 전압은 1kV 내지 30kV의 전압 범위를 구비한다.

[0058] 한편, 본 발명의 일실시예에 따른 무기물 박막 태양전지 제조 장치(10)의 노즐은 멀티 노즐(27a)이다. 도 4에는 본 발명의 일실시예에 따른 멀티 노즐(27a)의 일예가 도시되는데, 멀티 노즐(27a)에는 복수 개의 노즐 토출구(27-1 내지 27-4)를 포함하고, 각각의 노즐 토출구(27-1 내지 27-4)는 개별적인 무기물 파우더 공급부(20-1

내지 20-4)가 배치된다.

- [0059] 본 실시예에서 4 개의 노즐 토출구가 구비되나 경우에 따라 노즐 토출구의 개수는 4개 이상이 구비될 수도 있는 등 설계 사양에 따라 다양한 변형이 가능하다. 또한, 본 실시예에서 노즐 토출구는 일렬 배치되는 구조를 취하나 노즐 토출구는 원형 배치되는 구조를 취할 수도 있는 등 설계 사양에 따라 다양한 변형이 가능하다.
- [0060] 복수 개의 노즐 토출구를 통하여 서로 상이한 무기물 파우더를 포함하는 무기물 파우더 에어로졸이 분사 토출될 수 있다. 상이한 무기물 파우더는 Cu, In, Ga, Se, Cd, Te, S, Mo, ZnO 중 하나 이상을 포함할 수 있는데, 이와 같은 무기물 파우더를 통한 태양전지층을 동시 분사를 통한 제조를 이룸으로써 조직이 치밀한 광전환 효율성이 우수한 태양전지층을 형성할 수 있다.
- [0061] 또한, 본 발명에 따른 무기물 박막 태양전지 제조 장치(10)의 멀티 노즐(27a)은 무기물 박막 태양전지의 광전환 효율을 증대시킬 수 있는 태양전지층을 형성하도록 하는 구조를 형성할 수도 있다.
- [0062] 즉, 상기와 같이 일렬 배치되는 경우 각각의 무기물 파우더 에어로졸의 태양전지 기관 상의 무기물 파우더 토출 위치가 상이한바 이로 인한 조직의 치밀성을 증대시키기 위하여 노즐 토출구(27-1 내지 27-4)가 사전 설정된 토출각($\theta 1, \theta 2, \theta 3, \theta 4$)을 이루는 구조를 형성할 수도 있다. 따라서, 거리(1)만큼 이격된 기관 스테이지(12) 상의 태양전지 기관(13)에 대하여 동일 내지 실질적으로 동일한 타겟 위치(P)로 분사 토출될 수 있다.
- [0063] 또한, 경우에 따라 기관 스테이지(12)의 멀티 노즐과 이루는 수직 선분 상에서의 이동으로 인한 노즐과 기관 스테이지 간의 거리 변화를 고려하여 멀티 노즐(27b)의 노즐 토출구(27-1 내지 27-4)는 개별적으로 가동되는 구조를 형성할 수 있다. 즉, 멀티 노즐(27b)의 복수 개의 노즐 토출구(27-1 내지 27-4)에는 개개의 노즐 액츄에이터(28)가 배치되어 제어부(50)의 노즐 토출구 가동 제어 신호에 따라 가동되어 소정의 각도(θb)로 조정되어 멀티 노즐(27b)과 기관 스테이지(12) 간의 사이 간격 변화에 능동적으로 대응하여 개개의 무기물 파우더 에어로졸의 타겟 위치를 조정할 수도 있다.
- [0064] 한편, 상기 실시예에서 본 발명의 무기물 박막 태양전지 제조 장치는 단일의 태양전지 기관을 중심으로 기술되었으나 본 발명에 따른 무기물 박막 태양전지 제조 장치는 연속적 권취 가능한 구조의 가요성 태양전지 기관에 대한 적용도 가능하다. 즉, 도 7에는 본 발명의 다른 실시예에 따른 무기물 박막 태양전지 제조 장치(10a)가 도시된다. 무기물 박막 태양전지 제조 장치(10a)는 기관 스테이지(12)와, 무기물 파우더 공급 유니트와, 롤터를 유니트(700)를 포함하는데, 상기 실시예에서와 동일한 구성요소에 대하여는 동일한 도면 부호를 부여하면 중복된 설명을 피하기 위하여 상기로 대체한다.
- [0065] 기관 스테이지(12)는 챔버(11) 내 장착되어 권취 가능한 태양전지 기관(13)이 배치된다. 챔버(11)는 챔버 어퍼부(11a)와 챔버 바디(11b)를 포함하는데, 챔버 어퍼부(11a)와 챔버 바디(11b)는 서로 체결되어 내부 공간을 형성한다. 챔버 어퍼부(11a)는 챔버 바디(11b)의 상부에 배치되는데, 챔버 어퍼부(11a)에는 무기물 파우더 에어로졸의 유동을 이루는 라인이 관통 배치된다. 챔버 어퍼부(11a)는 챔버 바디(11b)와 체결되는데, 챔버 바디(11b)는 투명 재료로 형성되어 챔버 어퍼부(11a)와 챔버 바디(11b)가 이루는 내부 공간에서 이루어지는 초음속 노즐을 통하여 토출되는 무기물 파우더 에어로졸의 태양전지 기관에 증착하는 제조 상태를 육안 관측 가능하다.
- [0066] 본 실시예에서는 챔버 바디(11b)가 투명 재료로 형성되는 구조를 취하였으나, 챔버 바디(11b) 내지 챔버 어퍼부(11a)에 관측 윈도우가 형성되는 구조를 취할 수도 있는 등 다양한 구성이 가능하다.
- [0067] 챔버 바디(11b)에는 챔버 바디 진입구(11b-1)와 챔버 바디 진출구(11b-2)가 배치되는데, 챔버 바디 진입구(11b-1)와 챔버 바디 진출구(11b-2)는 서로 마주하여 직선 배치되는 구조를 취한다. 챔버 바디 진입부(11b-1)와 챔버 바디 진출구(11b-2)를 통하여 가요성 권취 가능한 태양전지 기관(13)의 이송이 이루어진다.
- [0068] 챔버 어퍼부(11a)와 챔버 바디(11b)가 이루는 내부 공간에는 기관 스테이지(12)가 배치되는데, 기관 스테이지(12)에는 태양전지 기관(13)이 접촉 이송되는 구조를 취한다. 기관 스테이지(12)는 도 7에서 하기되는 리사이클부(200)의 리사이클 챔버(201) 내측면에 지지되는 것으로 도시되었으나, 이는 단순 지지부의 표시이며, 기관 스테이지(12)는 챔버 바디(11b)의 내측에 장착되고 지면에 의하여 지지되는 구조를 취할 수 있다.
- [0069] 경우에 따라 챔버 바디(11b)의 하부에는 별도의 챔버 베이스(11c)가 형성되고, 개별 구조를 이룰 수도 있는데, 챔버 어퍼부, 챔버 바디 및 챔버 베이스가 함께 내부 공간을 형성하는 범위에서 다양한 구성이 가능하다. 본 실시예에서 챔버 베이스(11c)는 챔버 바디(11b)의 하부에 배치되고, 챔버 베이스(11c)를 통하여 리사이클부(200)의 리사이클 챔버(201)와 연결되나, 챔버 베이스가 챔버 바디와 일체화되는 경우 리사이클 챔버는 챔버 바

디와 직결되는 구조를 취할 수도 있다.

- [0070] 본 실시예에서 챔버 베이스(11c)의 하부에 리사이클 챔버(201)가 연결되는 구조를 취하나 챔버 베이스(11c)의 하부는 폐쇄되고 챔버 베이스(11c)의 하부에 배치되는 배기구를 통하여 이격배치되는 리사이클 챔버(201)와 라인 연결되는 구조를 취할 수도 있는 등 양자가 연결되는 구조를 취하는 범위에서 다양한 구성이 가능하다. 리사이클부(200)는 챔버(11), 즉 챔버 바디(11b) 내지 챔버 베이스(11c)와 연결되어 태양전지 기관(13)의 일면 상에 태양전지층을 형성한 무기물 파우더 이외의 잔존하는 잔존 무기물 파우더를 재취합시킨후, 이를 무기물 파우더 공급 유니트로 전달하여 재활용한다.
- [0071] 리사이클부(200)는 리사이클 펌프(210)와 리사이클 필터(220)와 리사이클 피더(230)를 포함하는데, 하기되는 제어부(50)는 리사이클부(200)의 리사이클 펌프(210)에 리사이클 펌프 제어 신호를 인가하여 리사이클 펌프(210)를 가동시켜 리사이클 필터(220)를 통하여 재순환 과정에서 무기물 파우더가 포집된 경우 리사이클 피더(230)에 리사이클 피딩 제어 신호를 인가형 포지된 무기물 파우더를 다시 무기물 파우더 제공부(300)로 공급하는 일련의 리사이클링 과정을 실행할 수 있다.
- [0072] 기관 스테이지(12)는 태양전지 기관(13)에 열을 제공하는 스테이지 가열 플레이트(12b)를 구비한다. 기관 스테이지(12)는 기관 스테이지 베이스(12a)와 스테이지 가열 플레이트(12b)를 포함하는데, 스테이지 가열 플레이트(12b)는 기관 스테이지 베이스(12a)에 열을 제공한다. 스테이지 가열 플레이트(12b)를 통하여 제공되는 열은 기관 스테이지 베이스(12a)에 접촉하는 태양전지 기관으로 열을 전달하고, 태양전지 기관(13)에 형성되는 태양전지층의 결정화를 보다 신속하고 안정적으로 이루도록 한다.
- [0073] 무기물 파우더 공급 유니트(20,900,27)는 챔버(11) 내에 배치되고, 노즐(27; 27-1,27-2,27-3,27-4)와 무기물 파우더 공급부(20)를 포함한다. 노즐(27)은 수렴-확산 노즐 구조를 취하여 노즐(27)을 통하여 토출되는 무기물 파우더 에어로졸의 초음속 유동을 가능하게 한다. 무기물 파우더 공급부(20)는 무기물 파우더 피더(21)와 운송 가스부(20a)를 포함하는데, 운송 가스부(20a)는 N₂와 같은 비활성 기체가 사용되고 운송 가스부(20a)를 통하여 공급되는 운송 가스에 무기물 파우더가 운송됨으로써 무기물 파우더 에어로졸이 형성되고, 무기물 파우더 에어로졸은 노즐(27)을 통하여 초음속으로 토출된다.
- [0074] 또한, 무기물 파우더 공급 유니트(20,900,27)는 유동 레귤레이터(900)를 포함하는데, 유동 레귤레이터(900)는 무기물 파우더 피더(21)와 노즐(27) 사이에 배치된다. 유동 레귤레이터(900)는 무기물 파우더 피더(21)를 통하여 노즐(27)로 입력되는 무기물 파우더 에어로졸의 유량을 조절하는데, 유동 레귤레이터(900)는 유량 레귤레이터(910)와 압력 레귤레이터(920)를 포함한다. 유량 레귤레이터(910)는 무기물 파우더 피더(21)를 통하여 노즐(27)로 연결되는 라인 상에 배치되어 노즐(27)로 입력되는 무기물 파우더 에어로졸의 유량을 직접 조절하고, 압력 레귤레이터(920)는 노즐(27)로 전달되는 무기물 파우더 에어로졸의 압력이 과도한 것을 방지하기 위하여 사전 설정 범위 이상의 압력이 인가되는 경우 압력 저하를 유도하는 구성요소인데, 압력 레귤레이터(920)는 무기물 파우더 피더와 노즐 사이에 배치되어 과소 압력 형성으로 인한 무기물 파우더 에어로졸의 역류 발생도 방지할 수 있다. 또한, 압력 레귤레이터(920)는 설치되는 노즐의 형상의 변동에 대응하여 초음속 유동의 최적의 작동 압력을 유지하도록 할 수도 있다. 즉, 노즐은 설계 사양에 따라 다양한 규격을 구비할 수 있고, 멀티 노즐에서도 복수 개의 노즐팁 중 어느 하나가 다른 하나와 다른 규격을 구비할 수 있는데, 압력 레귤레이터(920)를 통하여 노즐의 규격의 변동에 상관없이 해당 노즐에서의 초음속 유동을 형성하기 위한 최적의 작동 압력을 제공하여 초음속 유동의 안정적인 형성을 이루도록 할 수도 있다.
- [0075] 운송 가스부(20a)는 운송 가스 탱크(21a)와 운송 가스 압축기(22a)를 포함하는데, 운송 가스 탱크(21a)는 연결 라인을 통하여 운송 가스 압축기(22a)와 연결되어 운송 가스를 운송 가스 압축기(27a)로 전달한다. 운송 가스 압축기(22a)는 고압의 무기물 파우더 에어로졸을 형성하기 위한 운동 에너지를 운송 가스에 제공하는데, 운송 가스 압축기(22a)와 무기물 파우더 피더(21) 사이에 가스 히터(400)가 배치될 수 있다. 가스 히터(400)는 운송 가스에 열을 제공하여 초음속 유동을 보다 쉽게 발달시킬 수도 있다. 무기물 파우더 피더(21)로 유입되는 무기물 파우더를 1차적으로 예열시키는데, 이를 통하여 무기물 파우더 에어로졸이 태양전지 기관으로 초음속 유동 하에서 충돌되어 코팅되는 경우 나노 사이즈의 무기물 파우더에 충분한 운동 에너지를 제공함과 동시에 무기물 파우더 피더(21)를 통하여 운송 가스에 무기물 파우더가 혼합되는 경우 무기물 파우더에 열에너지를 전달하여 무기물 파우더 에어로졸 내 무기물 파우더의 멜팅 상태 내지 준 멜팅 상태를 형성하여 무기물 파우더를 소정의 연성 상태로 형성하여 태양전지 기관과의 충돌시 태양전지층을 형성하는 무기물 입자 사이의 공극을 차단 내지 최소화하여 균질하고 일정한 코팅면을 형성할 수도 있다.

- [0076] 노즐이 복수개가 구비되거나 노즐 자체가 상기한 멀티 노즐로 형성되는 경우 내지는 멀티 노즐이 복수 개가 배치되는 경우, 각각의 노즐 팁으로 각각의 무기물 파우더 에어로졸을 공급하기 위한 개별적인 무기물 파우더 피더 및 공급 라인이 구비될 수 있다. 즉, 도 7에 도시된 바와 같이, 무기물 파우더 피더(21) 및 공급 라인은 복수 개가 구비되는데, 가스 히터(400)를 거친 운송 가스는 분기되는 복수 개의 공급 라인으로 공급되고, 개개의 무기물 파우더 피더(21)를 통하여 공급되는 개별적인 무기물 파우더와 혼합되어 소정의 무기물 파우더 에어로졸이 형성되고, 이는 각각의 노즐로 개별 공급될 수 있다. 이 경우, 각각의 공급 라인 상에는 개별적인 유동 레귤레이터가 구비되어 각각의 무기물 파우더 에어로졸의 유동량 및 압력 상태를 조정할 수 있다.
- [0077] 한편, 앞선 실시예에서 언급된 바와 같이 무기물 파우더 피더(21)에는 별도의 무기물 파우더 제공부(300)가 더 구비될 수도 있다. 무기물 파우더 제공부(300)는 분쇄된 무기물 파우더를 제공하는 무기물 파우더 제공부(300)를 더 구비할 수 있고, 무기물 파우더 제공부(300)는 무기물 파우더 분쇄기(310)와 무기물 파우더 건조부(330)를 구비할 수 있다. 무기물 파우더 분쇄기(310)는 볼밀(ball mill) 형태로 구성되면 입력 제공되는 금속 재료를 분쇄하여 사전 설정된 크기, 본 실시예에서는 마이크로 사이즈 이하의 무기물 파우더로 분쇄한다. 무기물 파우더 건조부(330)는 무기물 파우더 분쇄기(310)에서 분쇄된 무기물 파우더를 입력받아 이를 사전 설정된 조건 하에서 건조 과정을 실시한다. 무기물 파우더 건조부(330)에서 수분이 제거된 무기물 파우더는 무기물 파우더 공급부(20)를 거쳐 노즐(27)로 전달되어 노즐(27)에서 초음속 유동의 형태로 토출 분사될 수 있다.
- [0078] 즉, 하기되는 제어부(50)의 분쇄 제어 신호에 따라 무기물 파우더 분쇄기(310)가 가동되고 분쇄된 무기물 파우더는 무기물 파우더 건조부(330)로 전달되어 제어부(50)의 건조 제어 신호에 따라 무기물 파우더 건조부(330)에서 건조되어 수분 제거된 후 무기물 파우더 피더(21)로 제공되어 무기물 파우더 피더(21)가 제어부(50)의 피딩 제어 신호에 따라 운송 가스로 소정의 무기물 파우더를 투여함으로써 무기물 파우더 에어로졸이 공급 라인을 따라 유동 레귤레이터(900) 측으로 전달될 수 있다.
- [0079] 이때, 무기물 파우더 분쇄기(310)와 무기물 파우더 건조부(330) 사이에는 리사이클부(200)의 리사이클 피더(230)로부터의 리사이클 연결 라인이 형성되어 리사이클부(200)에서 재취합된 무기물 파우더가 재투입되어 소정의 건조 과정을 거친 후 무기물 파우더 피더(21)를 통하여 제공됨으로써, 챔버(11) 내에서 태양전지 기관 상의 태양전지층을 형성한 무기물 파우더이외 잔존하는 잔존 무기물 파우더를 재활용할 수 있다.
- [0080] 한편, 본 발명의 다른 실시예에 따른 무기물 박막 태양전지 제조 장치(10a)는 연속적으로 태양전지 기관 상에 형성되는 태양전지층의 형성 상태를 감지하거나 태양전지층을 형성하기 위한 환경 상태를 감지하는 감지 유니트(800,500,600)를 더 구비할 수 있다. 감지 유니트(800,500,600)는 노즐 센서부(800)와 탐침 센서(500) 및 영상 감지부(600)를 포함하는데, 노즐 센서부(800)는 노즐 온도 센서(810)와 노즐 압력 센서(820)를 포함한다. 노즐 센서부(800)는 복수 개의 노즐, 즉 멀티 노즐이 배치되거나 또는 개별적인 복수 개의 노즐이 배치되는 경우 개개의 노즐 팁에 대하여 각각 구비되고 감지된 노즐 온도 및 노즐 압력은 제어부(50)로 전달된다. 노즐 온도 센서(810)는 노즐로부터 토출되는 무기물 파우더 에어로졸의 온도를 감지하고, 노즐 압력 센서(820)는 노즐로부터 토출되는 무기물 파우더 에어로졸의 압력 토출압을 검출한다. 또한, 감지 유니트(800)는 챔버(11) 내의 챔버 온도를 감지하는 챔버 온도 센서(830)를 더 구비할 수 있는데, 이와 같은 노즐 센서부(830) 및 챔버 온도 센서(830)의 감지 신호를 통하여 노즐로부터 토출되는 무기물 파우더 에어로졸의 노즐 속도 등이 산출될 수 있다.
- [0081] 또한, 감지 유니트(800,600,500)는 영상 감지부(600)를 포함하는데, 영상 감지부(600)는 무기물 파우더를 통하여 형성된 태양전지층을 구비하는 태양전지 기관의 표면 내지 단면을 검출하여 획득된 영상 정보를 제어부(50)로 전달한다. 영상 감지부(600)는 카메라로 구현될 수도 있고, 태양전지 기관을 사이에 두고 대향하여 광원(601)이 배치되는 구조를 취할 수도 있다. 또한, 영상 감지부(600)는 단순한 카메라 이외에도 단면 영상을 취득하도록 하는 SEM(주사 전자 현미경; scanning electron microscope) 또는 TEM(투과 전자 현미경; transmission electron microscope)로 구현될 수도 있는 등 다양한 검사 감지 기능을 구비하는 장비가 취사 선택될 수 있다.
- [0082] 감지 유니트(800,600,500)는 경우에 따라 탐침 센서(500)를 포함할 수도 있는데, 탐침 센서(500)는 주사탐침 현미경(scanning probe microscope)로 구현된다. 탐침 센서(500)는 원자, 분자 수준의 분해능을 구비하며 본 발명의 나노 사이즈의 무기물 파우더로 형성되는 태양전지층의 표면 감지에 유용하다. 즉, 탐침 센서(500)의 팁이 태양전지 기관 상의 태양전지층에 근접하여 팁이 감지하는 근접장 상호 작용을 이용하여 태양전지층의 표면 형상 및 태양전지층에 대한 물리적 특성을 검출할 수도 있다.
- [0083] 이와 같은 감지 유니트(800,600,500)에서 감지한 감지 정보는 제어부(50)로 전달되고, 제어부(50)는 소정의 관

단 제어 과정을 거쳐 하기되는 롤루를 유니트의 가요성 권취 가능한 연속적인 태양전지 기관(13)의 이송 속도 내지 노즐(27)의 분사 속도를 제어할 수 있다.

[0084] 한편, 본 발명의 다른 실시예에 따른 무기물 박막 태양전지 제조 장치(10a)는 가요성 권취 가능한 연속적 태양 전지 기관(13)을 이송하기 위한 구성요소로서 롤루를 유니트(700)를 구비한다. 롤루를 유니트(700)는 권출 롤러부(710)와 권취 롤러부(720)를 구비하는데, 권출 롤러부(710)는 권취 구동력을 생성하는 권출 롤러 모터(712)와 권출 롤러 모터로부터 구동력을 제공받아 회동하는 권취 롤러(711)를 포함한다. 권출 롤러 모터(712)는 제어부(50)의 구동 제어 신호에 따라 소정의 회동 구동력을 제공하여 권출 롤러(711)에 권취된 롤 형태의 태양 전지 기관을 회동시켜 태양전지 기관(13)이 연속적으로 챔버(11)를 관통하여 이송하도록 한다.

[0085] 권출 롤러부(710)에 대향하여 챔버(11)의 타측에는 권취 롤러부(720)가 배치되는데, 권취 롤러부(720)는 권취 롤러(721)와 권취 롤러 모터(722)를 포함한다. 권취 롤러 모터(722)도 제어부(50)의 구동 제어 신호에 따라 소 정의 회동력을 제공하여 권취 롤러(721)가 회동하여 챔버(11) 내에서 태양전지층이 표면 형성된 태양전지기관을 권취할 수 있다. 본 실시예에서 권출 롤러부와 권취 롤러부 모두 구동력을 제공하는 모터를 구비하는 구성을 취하였으나, 경우에 따라 권취 롤러부 측과 같이 어느 일측에만 형성되고 타측은 피동 구조를 취할 수도 있으나, 연속적인 태양전지 기관의 권취된 반경의 차이로 인하여 권출 롤러부와 권취 롤러부 간에는 속도차이가 발생하므로 태양전지 기관에 과도한 인장이 발생하지 않고 원활한 권출 및 권취가 이루어지도록 개별 모터가 구 비되는 구조를 취하는 것이 바람직하다.

[0086] 본 발명의 무기물 박막 태양전지 제조 장치(10a)는 제어부(50), 저장부(60) 및 연산부(70)를 포함하고, 경우에 따라 입력부(80)를 포함할 수 있다. 제어부(50)는 감지 유니트(800,500,600)과 연결되어 감지 유니트에서 감지 한 감지 신호를 입력받는다. 저장부(60)는 제어부(50)와 연결되고 사전 설정 데이터를 저장하며, 감지 유니트 에서 감지한 감지 신호를 저장할 수 있다. 저장부(60)에 저장되는 사전 설정 데이터는 기준 노즐 속도 (vs1,vs2) 및 기준 두께(ts)를 포함하는데, 기준 노즐 속도(vs1,vs2)는 노즐(27)의 토출이 정상 상태인지 여부, 즉 태양전지 기관(13)에 형성되는 태양전지층을 형성하기 위한 소정의 속도 범위 내에 존재하는지 여부를 판단 하는 기준값으로 사용될 수 있고, 기준 두께(ts)는 설계된 태양전지 광전환 효율을 얻을 수 있도록 설계된 태양 전지층의 두께를 만족시키는지 여부를 판단하기 위한 비교 기준값으로 사용된다. 연산부(70)는 제어부(50)와 연결되어 제어부(50)의 연산 제어 신호에 따라 감지 유니트(800)의 감지 신호를 이용하여 소정의 연산 과정을 수행한다. 즉, 감지 유니트(800)의 노즐 온도 센서(810) 및 노즐 압력 센서(820) 및/또는 챔버 온도 센서(830)로부터의 감지 신호로부터 노즐에서 토출되는 무기물 파우더 에어로졸의 속도, 즉 노즐 속도(v)를 연산할 수 있다.

[0087] 또한, 입력부(80)가 제어부(50)와 연결될 수 있는데, 입력부(80)를 통하여 제조 과정에 대한 설정된 모드가 존 재하는 경우 작업자가 실행 모드를 선택할 수 있고, 저장부에 저장된 사전 설정 데이터를 변경할 수도 있다.

[0088] 한편, 상기 실시예에서 챔버 내에 배치되는 노즐은 다양한 형태를 취할 수 있다. 도 7에서 노즐(27)은 단일 노즐 팁을 구비하는 노즐이 복수 개가 배치되고, 개별 노즐이 배치되는 영역은 챔버 격벽(29)으로 분할되는 구조 를 취할 수도 있다. 도면에서 리사이클 챔버(201)는 챔버(11)의 하단에 단순 직결되는 구조를 취하였으나, 격 벽(29)이 챔버(11) 내에 배치되는 경우 리사이클 챔버(201)는 챔버(11)의 격벽(29)에 의하여 구획된 영역의 개 수만큼 개별 형성되고 각각의 챔버(11)의 구획된 영역에 개별 연결되는 구조를 취할 수도 있다. 이와 같은 개 별 연결 구조를 취하여 격벽(29)에 의하여 개별 구획된 영역으로 토출되는 상이한 무기물 파우더 에어로졸 중 태양전지층을 형성하지 못하고 챔버(11) 내 잔류하는 잔류 무기물 파우더를 재취합하여 이를 재활용하도록 할 수도 있다.

[0089] 도 7에서 노즐은 단일의 노즐팁을 구비하는 노즐이 복수 개가 배치되는 구조를 도시하였으나, 본 발명의 노즐이 이에 국한되는 것은 아니다. 즉, 노즐(27)은 경우에 따라 도 2 내지 도 4에 도시되는 멀티 노즐팁을 구비하는 멀티 노즐이 배치될 수도 있고, 복수 개의 멀티 노즐이 배치되는 경우 각각의 상이한 무기물 파우더 에어로졸이 토출되는 챔버 내 영역도 격벽에 의한 분할 구조를 취할 수도 있고, 챔버 자체가 분할되는 구조를 취할 수도 있 다.

[0090] 또한, 각각의 노즐 팁을 통하여 토출되는 무기물 파우더는 단일의 무기물 재료로 형성될 수도 있고, 복수 개의 무기물이 혼합되는 구조를 취할 수도 있는 등 설계 사양에 따라 다양한 변형이 가능하다.

[0091] 도 8에 도시된 바와 같이, 단일의 챔버(11) 내 복수 개의 격벽(29)을 통하여 각각의 무기물 파우더 에어로졸에 대한 토출 영역이 C1,C2,C3,C4로 분할 구획되고, 각각의 분할 구획된 영역 내 개별적인 노즐 내지 복수 개의 노

를 팀(27-1, 27-2, 27-3, 27-4)를 포함하는 멀티 노즐이 배치될 수 있다. 여기서, 챔버(11)는 단일 챔버가 사용되며 단일 챔버 내의 영역이 격벽(29)에 의하여 분할 구획되는 구조를 이룬다. 반면, 도 9에 도시된 바와 같이 챔버(11C1, 11C2, 11C3, 11C4)가 복수 개가 구비되고, 각각의 챔버에 개별적인 무기물 파우더 에어로졸을 태양전지 기관(13)으로 토출하는 개별적인 노즐 내지 멀티 노즐이 배치되는 구조를 취할 수 있다. 즉, 멀티 노즐의 하나가 토출하는 무기물 파우더 에어로졸은 다른 멀티 노즐에서 토출하는 무기물 파우더 에어로졸과 상이한 무기물 파우더를 포함하는 구조를 취할 수 있는데, 무기물 파우더는 Cu, In, Ga, Se, Cd, Te, S, Mo, ZnO 중 하나 이상을 포함할 수 있다. 각각의 챔버는 개별적인 리사이클 챔버를 구비하여 각각의 챔버에 잔류하는 잔류 무기물 파우더를 회수하여 재활용할 수 있다.

- [0092] 이하에서는 도면을 참고하여 본 발명의 다른 실시예에 따른 무기물 박막 태양전지 제조 장치의 제어 방법을 설명한다.
- [0093] 본 발명의 무기물 박막 태양전지(10a)의 제어 방법은, 제공 단계(S10), 분사 증착 단계(S20), 감지 단계(S30) 및 조정 단계(S40)를 포함하고, 챔버 내 잔류하는 잔류 무기물 파우더를 회수하기 위한 리사이클 단계(S50)를 더 포함할 수 있다.
- [0094] 제공 단계(S10)에서 앞선 실시예에 따른 무기물 박막 태양 전지 제조 장치(10a)가 제공되는데, 중복된 설명을 피하고자 상기로 대체한다. 무기물 박막 태양 전지 제조 장치(10a)가 제공된 후, 제어부(50)는 분사 증착 단계(S20)를 실행한다. 분사 증착 단계(S20)에서 제어부(20)는 무기물 파우더 공급 유니트(20, 900, 27)로 공급 제어 신호를 인가하고, 물투를 유니트(700)로 이송 제어 신호를 인가함으로써 무기물 파우더 에어로졸을 태양전지 기관으로 토출함으로써 무기물 파우더로 태양전지 기관 상의 태양전지층을 형성할 수 있다.
- [0095] 분사 증착 단계(S20)는 예열 단계(S21)와, 파우더 공급 단계(S23)와, 토출 단계(S23)와 가열 단계(S25)를 포함하는 2단계 가열 구조 방식을 취할 수 있다. 즉, 제어부(50)는 운송 가스부(20a)에 운송 제어 신호를 인가하고, 가스 히터(400)에 예열 제어 신호를 인가한다. 즉, 가스 히터(400)는 운송 가스부(20a)와 무기물 파우더 피더(21)의 사이에 배치될 수 있는데, 운송 가스부(20a)를 통하여 공급 라인을 따라 유동하는 운송 가스는 가스 히터(400)에 의하여 열을 제공받아 예열 상태를 형성함으로써, 후속하는 파우더 공급 단계(S23)에서 제공되는 나노 사이즈의 무기물 파우더에 열을 공급하여 소정의 펄팅 상태, 즉 연성 상태를 이루도록 할 수 있다. 또한, 운송 가스의 열공급 상태로 인하여 운송 가스의 분자의 움직임을 증대시켜 노즐(27)을 통하여 분출되는 초음속 유동을 보다 원활하게 이루도록 할 수도 있다.
- [0096] 예열 후, 제어부(50)는 무기물 파우더 피더(21)에 피딩 제어 신호를 인가하여 운송 가스에 무기물 파우더를 공급하는데, 복수 개의 무기물 파우더 피더에 각각의 무기물 파우더가 제공될 수도 있고, 복수 개의 멀티 노즐이 배치되는 경우 각각의 멀티 노즐의 멀티 노즐 팀에 동일한 무기물 파우더가 전달되도록하는 구성을 취할 수도 있는 등 다양한 구성이 가능하다.
- [0097] 그런 후, 제어부(50)는 유동 레귤레이터(900)에 유동 제어 신호를 인가하여 소정의 무기물 파우더 에어로졸의 노즐을 통한 토출을 이루도록 한다. 유동 레귤레이터(900)는 상기한 바와 같이 유량 레귤레이터(910) 및 압력 레귤레이터(920)를 포함할 수 있다. 유량 레귤레이터(910)와 압력 레귤레이터(920)에 소정의 유량 제어 신호 및 압력 제어 신호가 제어부(50)로부터 인가될 수 있고, 이에 따라 유량 레귤레이터(910)는 공급 라인을 통한 노즐로의 유량을 제어할 수 있고, 압력 레귤레이터(920)는 공급 라인을 통하여 노즐로 유입되는 무기물 파우더 에어로졸의 과도한 압력 형성 내지 과소한 압력 저하를 방지할 수도 있다.
- [0098] 그런 후, 제어부(50)는 기관 스테이지(12)의 스테이지 가열 플레이트(12b)에 가열 제어 신호를 인가하여 소정의 열을 기관 스테이지 베이스(12a)로 전달함으로써, 노즐(27)로부터 토출되어 태양전지 기관(13)에 코팅되는 태양전지층의 결정화를 보다 강화하여 증착되는 입자 간의 공극을 최소화하여 보다 치밀한 조직을 형성함으로써, 태양전지층의 광전효율을 향상시킬 수도 있다.
- [0099] 그런 후, 제어부(50)는 감지 유니트(800, 500, 600)에 감지 제어 신호를 인가하여 각각으로부터 취득되는 감지 신호를 입력받는 감지 단계(S30)를 실행한다.
- [0100] 그런 후, 제어부(50)는 감지 단계(S30)에서 얻어진 감지 신호와 저장부(60)에 사전 설정 저장되는 사전 설정 데이터를 이용하여 태양전지층의 설계된 코팅 상태를 이루도록 노즐에서 토출되는 무기물 파우더 에어로졸의 노즐 속도 및 물투를 유니트의 이송 속도를 조정하는 조정 단계(S40)를 실행한다. 조정 단계(S40)에서 제어부(50)는 감지 유니트의 감지 신호, 즉 노즐에서의 노즐 온도 및 노즐 압력, 챔버 온도와 사전 설정 데이터에 포함되는

상수 데이터를 활용하여 노즐에서 토출되는 무기물 파우더 에어로졸의 속도, 즉 노즐 속도(v)를 산출하도록 연산부(70)에 연산 제어 신호를 인가한다. 연산부(70)는 사전 설정 데이터 및 감지 신호를 이용하여 노즐 속도(v)를 산출하고 이를 제어부(50)로 전달한다.

[0101]

$$\left(\frac{P_o}{P_e}\right) = \left\{1 + \left(\frac{\gamma-1}{2}\right) M_e^2\right\}^{\frac{\gamma}{\gamma-1}}$$

[0102]

$$v = M_e \sqrt{\gamma R T} \sqrt{\frac{C_D A_p \rho_g x}{m_p}}$$

[0103] 노즐 토출구(27-1)에서의 노즐 출구 가스의 압력과 온도를 통해 입력부(50)에서 설정된 노즐 출구의 속도를 확인 할 수 있다. 이들 연산식은 수렴-확산 노즐의 설계 사양에 따라 다소 조정될 수 있다.

[0104] 여기서, P_o를 무기물 파우더 에어로졸 또는 운송가스의 노즐 입구에서의 압력, T를 무기물 파우더 에어로졸의 노즐 출구에서의 온도, P_e를 무기물 파우더 에어로졸의 노즐 출구에서의 압력, M_e를 노즐 출구에서의 마하수, R을 기체 상수, C_D를 항력 계수, A_p를 무기물 파우더의 면적(투영 면적), ρ_g를 운송 가스 내지 무기물 파우더 에어로졸의 밀도, x를 무기물 파우더가 노즐의 입구로부터 노즐 출구 방향으로의 거리, m_p를 무기물 파우더의 입자의 질량이라 할 때, 상기 연산식을 이용하여 무기물 파우더의 입자의 속도(v)를 산출할 수 있다. 노즐의 입출구에서의 압력값을 이용하여 무기물 파우더 에어로졸의 노즐 출구에서의 마하수를 산출하고, 마하수와 온도를 사용하여 무기물 파우더의 입자의 속도(v)를 연산할 수 있다.

[0105] 제어부(50)는 산출된 노즐 속도(v)와 사전 설정 데이터의 기준 노즐 속도(vs1,vs2; vs1<<vs2)를 비교하는데, 노즐 속도(v)가 기준 노즐 속도(vs1,vs2)의 범위 내에 존재하는지 여부를 판단한다.

[0106] 도 14에는 본 발명에서 사용되는 무기물 파우더를 이루는 재료의 속도 대비 재료 증착율을 나타내는 선도가 도시된다. 임계 속도(v_{crit})와 침식 속도(verosion) 사이의 윈도우(W.D)가 형성되는데, 본 실시예에서 태양전지층의 공극을 최소화하고 치밀한 조직을 이루도록 최대 기준 노즐 속도(vs2)는 침식 속도보다 작게, 그리고 최소 기준 노즐 속도(vs1)는 임계 속도보다 크게 설정되어 재료 증착율이 50% 이상이 되도록 설정되었으나, 기준 노즐 속도(vs1,vs2)는 임계 속도 및 침식 속도 사이에서 다양하게 설정될 수 있다.

[0107] 제어부(50)가 노즐 속도(v)는 기준 노즐 속도(vs1,vs2)의 범위 내에 존재하지 않는 것으로 판단된 경우, 제어 흐름을 단계 S44로 진행하여 노즐 속도가 기준 노즐 속도 중 최대 기준 노즐 속도(vs2)보다 큰지 여부를 비교 판단하여, 노즐 속도가 기준 노즐 속도 중 최대 기준 노즐 속도(vs2)보다 큰 경우 노즐 속도를 저하시키도록 운송 가스 압축기(22a) 및/또는 유동 레귤레이터(900)의 유량 레귤레이터(910)로 제어 신호를 인가하여 토출 속도를 저감시킨다. 반면, 노즐 속도가 기준 노즐 속도 중 최대 기준 노즐 속도(vs2) 이하인 경우 제어부는 노즐 속도(v)가 최소 기준 노즐 속도(vs1)보다 작다고 판단하고, 노즐 속도를 증대시키도록 운송 가스 압축기(22a) 및/또는 유동 레귤레이터(900)의 유량 레귤레이터(910) 내지 압력 레귤레이터(920)로 제어 신호를 인가하여 토출 속도를 증대시킨다. 이러한 노즐 속도 제어는 각각의 노즐 팁에 대하여 개별적으로 이루어질 수도 있고, 멀티 노즐 단위로 이루어질 수도 있는 등 다양한 구성이 가능하다.

[0108] 한편, 단계 S43에서 노즐 속도(v)가 기준 노즐 속도(vs1,vs2)의 범위 내에 존재하는 것으로 판단된 경우, 제어부(50)는 현재 노즐 속도는 태양전지층의 원활한 코팅층을 형성하기 위한 속도라고 판단하고 노즐 속도를 일정하게 유지시키고, 또한 제어부(50)는 감지 유니트로부터 얻어진 감지 신호 중 태양전지층의 두께(t)를 사전 설정 데이터의 기준 두께(ts)와 비교한다.

[0109] 이러한 태양전지층, 즉 초음속 유동을 통하여 코팅 증착되는 태양전지층의 두께(t)는 영상 감지부(600) 내지 탐침 센서(500)의 감지 신호로부터 얻어지는데, 제어부(50)는 태양전지층의 두께(t)를 기준 두께(ts)와 비교하여 현재 태양전지 기판 상에 설계된 두께의 무기물 파우더의 코팅이 이루어지는지 여부를 판단할 수 있다. 태양전지층의 두께(t)가 기준 두께(ts)와 동일하지 않거나 또는 기준 두께(ts)를 기준으로 사전 설정된 범위 내에 존재하지 않는다고 판단되는 경우, 제어부(50)는 현재 이송 속도가 너무 빠르거나 또는 너무 느리다고 판단하여

이송 속도를 조정하도록 롤투를 유니트(700)에 이송 제어 신호를 보정하여 인가함으로써 태양전지 기관의 권취 내지 권출 속도를 조정하여 설계된 두께의 코팅층을 형성할 수 있다.

[0110] 반면, 태양전지층의 두께(t)가 기준 두께(t_s)와 동일하거나 또는 기준 두께(t_s)를 기준으로 사전 설정된 범위 내에 존재한다고 판단되는 경우, 제어부(50)는 현재 이송 속도가 적절하다고 판단하고 이송 속도를 유지시킨다(S47).

[0111] 그런 후, 제어부(20)는 리사이클 단계(S50)를 추가적으로 실행할 수 있는데, 이를 통하여 리사이클 펌프(210)의 부하를 조정할 수 있다. 이때, 리사이클 펌프가 복수 개로 구비되고, 격벽(29)에 의하여 분할된 영역에 개별적으로 장착되는 경우 개별 부하 조정을 이루는 구조를 취할 수도 있는 등 다양한 변형이 가능하다.

[0112] 도 15에는 본 발명의 무기물 박막 태양전지 제조 장치(10a)를 통하여 형성된 태양전지층을 구비하는 태양전지 기관의 단면도가 도시된다. 도 15에는 본 실시예에서 Cu 입자의 무기물 파우더와, In 입자의 무기물 파우더, Se 입자의 무기물 파우더를 이용하여 Mo 기관 상에 두께 2~3 μ m로 증착 코팅한 결과가 도시되는데, 운송 가스는 6~7bar의 압력 범위로 예열 단계에서 350~500℃로 예열후, 노즐(27)을 통하여 토출함으로써 태양전지 기관에 태양전지층으로 형성하였다. 이때 분사되는 무기물 파우더는 Cu, In, Se으로 선택되었다. 도 15에는 전자 주사 현미경 단면 사진이 도시되고, 도 16에는 이를 XRD(X선 회절 분석기)를 이용하여 얻어진 선도가 도시된다. 도 15의 CIS 태양전지층에 대한 회절 분석 결과를 보면(도 16 참조), CuInSe₂화합물에 해당되는 (112) 피크를 2 θ =26.9° 부근에서 관찰되었고, 다른 주요 피크는 CuInSe₂ (211), (220)/(204), (116)/(312)에서 관측되었다. 도 16에 도시된 바와 같이, 본 발명의 무기물 박막 태양전지 제조 장치에서 형성된 태양전지층은 탄소(C)가 배제된 구조를 취하여 탄소층에 의한 효율 저하를 방지하여, 태양전지층의 광변환 효율을 최대화시킬 수 있다.

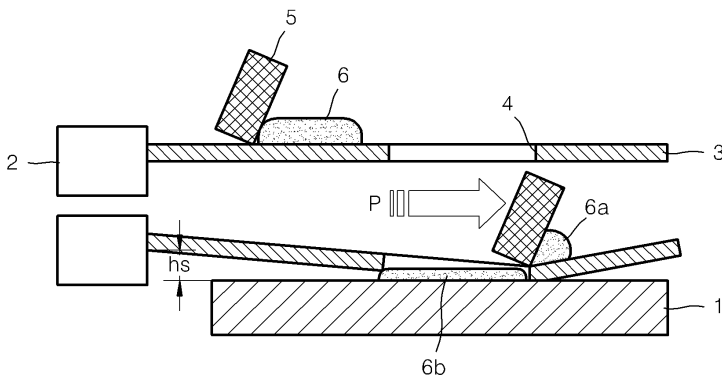
[0113] 상기 실시예들은 본 발명을 설명하기 위한 일례들로, 본 발명이 이에 국한되는 것은 아니다. 태양전지의 무기물 파우더 에어로졸의 초음속 유동을 통한 저온 스프레이 공정 방식으로 태양전지층을 형성하는 무기물 박막 태양전지 제조 장치를 제공하는 범위에서 다양한 변형이 가능하다.

부호의 설명

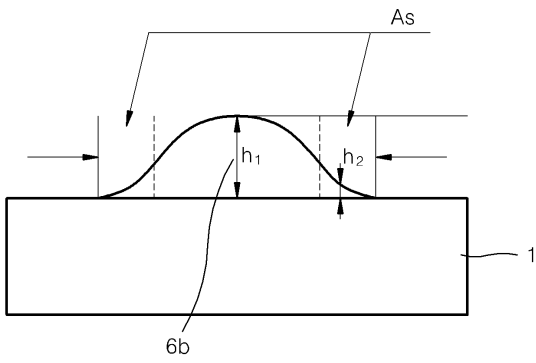
- [0114] 10, 10a...무기물 박막 태양전지 제조 장치 11...챔버
12...기관 스테이지 13...태양전지 기관
20...무기물 파우더 공급 유니트 50...제어부
60...저장부 70...연산부

도면

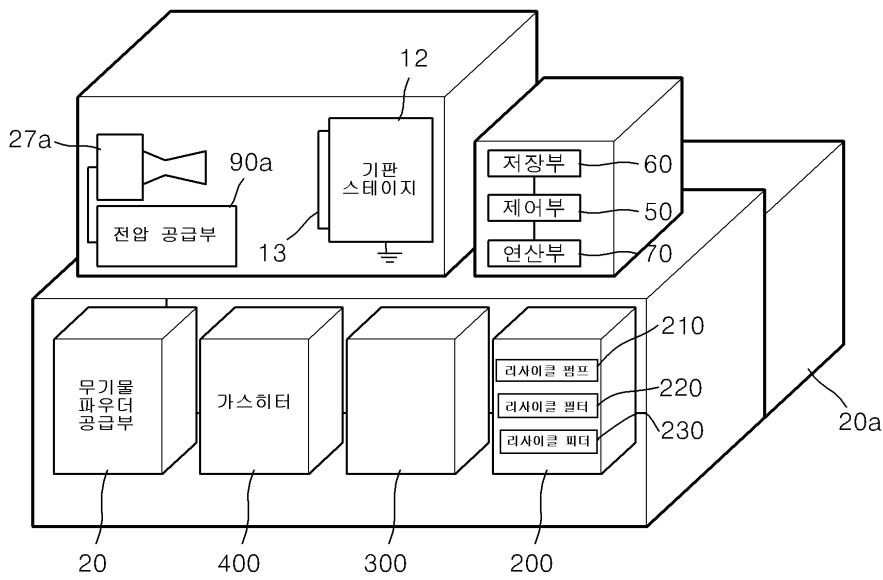
도면1



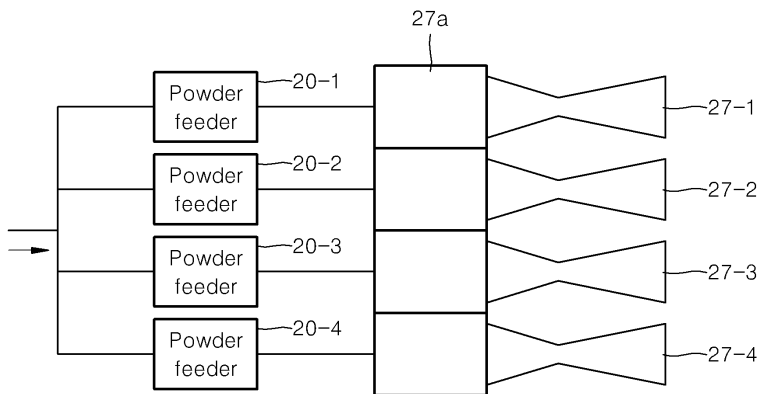
도면2



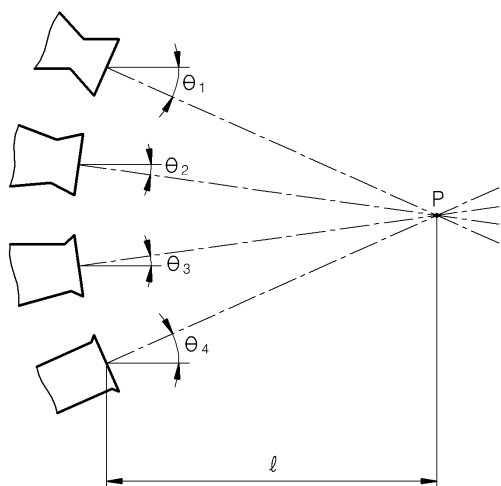
도면3



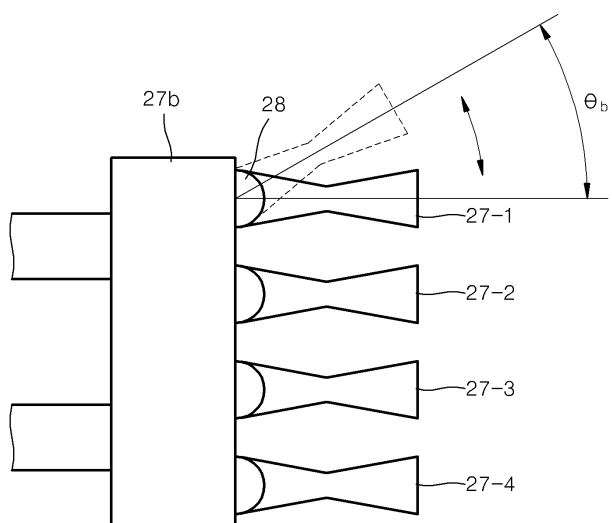
도면4



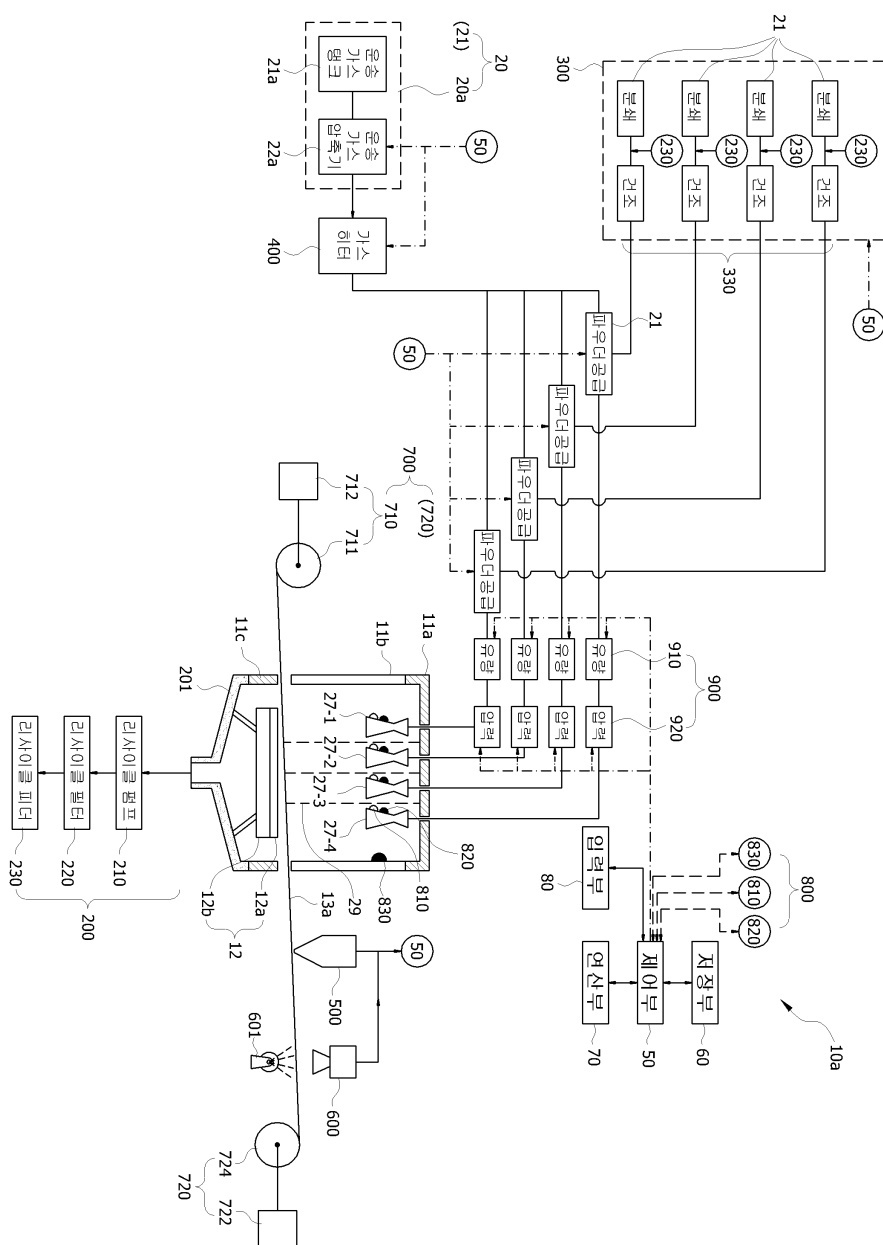
도면5



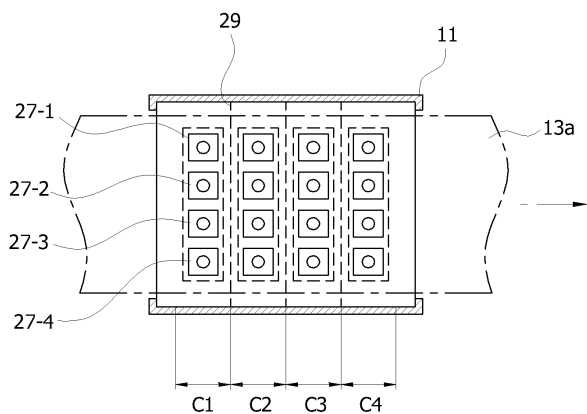
도면6



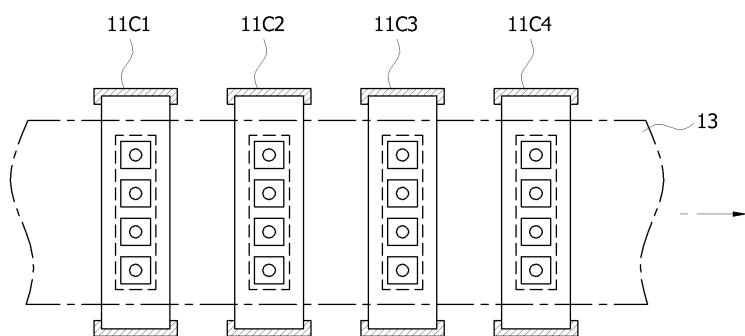
도면7



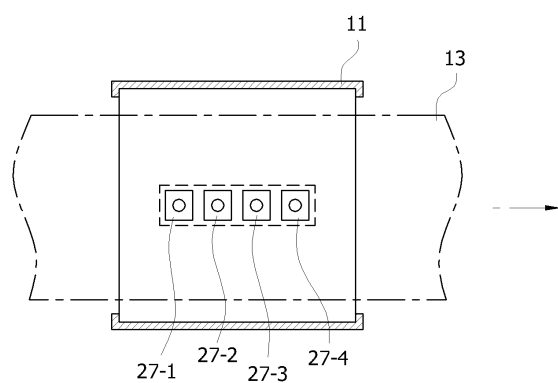
도면8



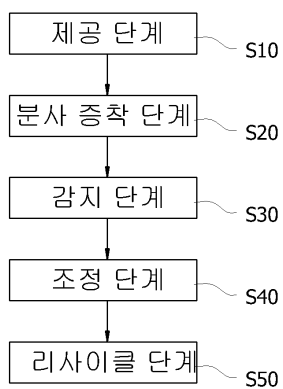
도면9



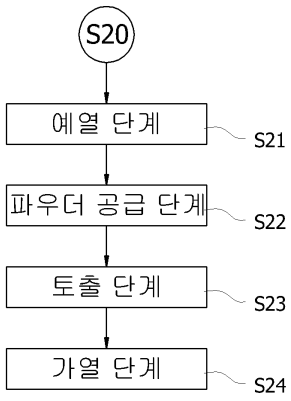
도면10



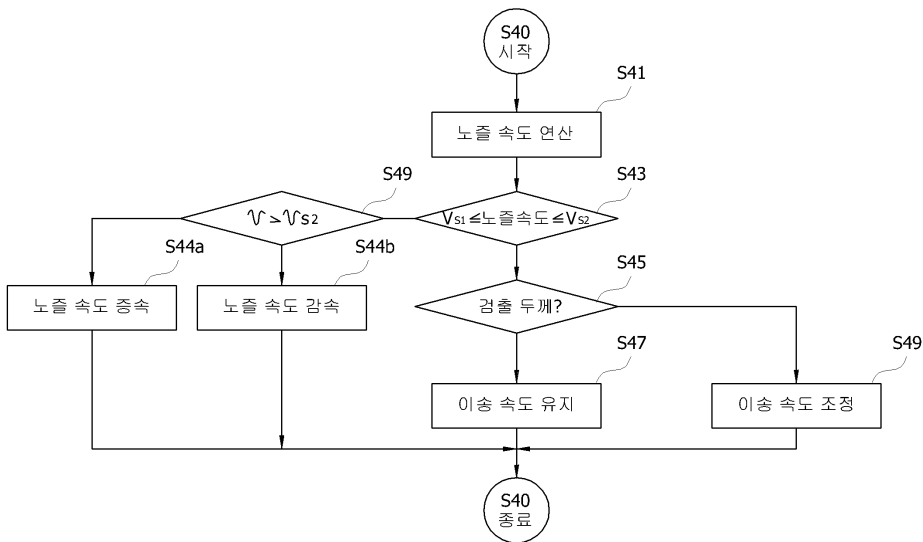
도면11



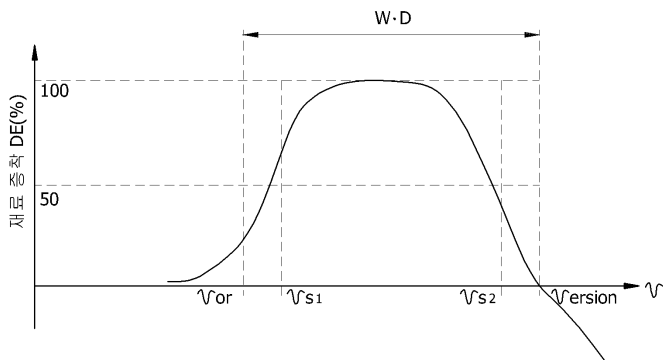
도면12



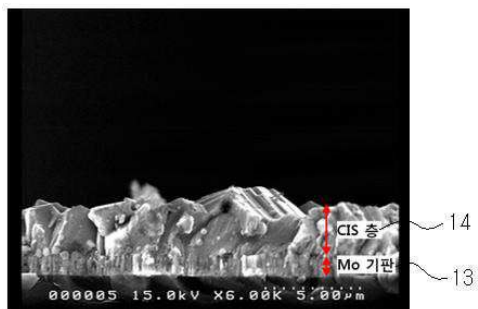
도면13



도면14



도면15



도면16

