



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2014-0116203
(43) 공개일자 2014년10월01일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 31/18 (2006.01) H01L 31/042 (2014.01)
(21) 출원번호 10-2014-7022715
(22) 출원일자(국제) 2013년01월18일
심사청구일자 없음
(85) 번역문제출일자 2014년08월13일
(86) 국제출원번호 PCT/US2013/022284
(87) 국제공개번호 WO 2013/109977
국제공개일자 2013년07월25일
(30) 우선권주장
61/587,994 2012년01월18일 미국(US)

(71) 출원인
누보선, 인크.
미국 캘리포니아주 95035 밀피타스 바버 레인
1565
(72) 발명자
해쉬트만 브루스 디
미국 캘리포니아주 95046 산 마르틴 시카모어 애
비뉴 15218
보니구트 조세프
미국 캘리포니아주 94507 알라모 랜치 로드 181
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
제일특허법인

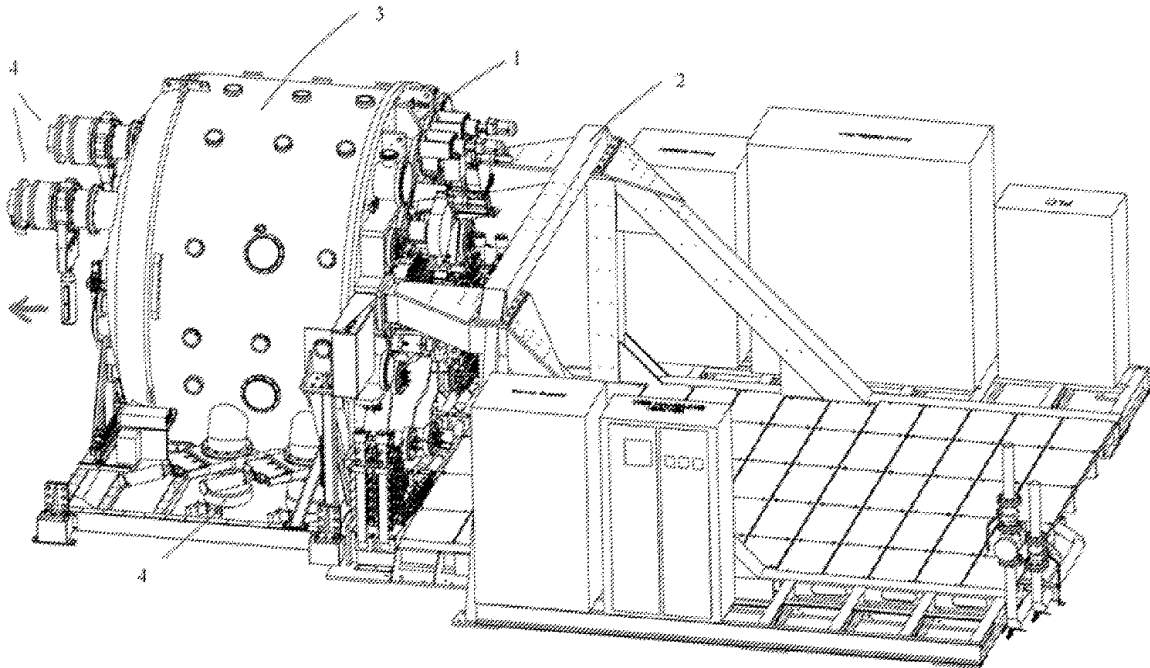
전체 청구항 수 : 총 62 항

(54) 발명의 명칭 가요성 기관 상에 태양 전지를 형성하기 위한 시스템

(57) 요약

가요성 기관 상에 박막 태양 전지를 증착하기 위한 증착 시스템은, 그 외부 환경으로부터 유체적으로 격리되는 유체 공간을 포함하는 인클로저, 및 인클로저 내의 복수의 증착 챔버를 포함한다. 복수의 증착 챔버 중 적어도 하나의 증착 챔버는 하나 이상의 타겟 재료의 재료 플럭스를 복수의 증착 챔버 중 상기 적어도 하나의 증착 챔버 내에 배치된 가요성 기관의 부분 쪽으로 인도하는 마그네트론 스퍼터링 장치를 포함한다. 인클로저 내의 기관 인출 롤러는 복수의 증착 챔버의 각각을 통해서 인클로저 내의 기관 권취 롤러로 인도되는 가요성 기관을 제공한다. 인클로저 내의 적어도 하나의 가이드 롤러는 가요성 기관을 복수의 증착 챔버 중 소정의 증착 챔버로 또는 그로부터 멀리 인도하도록 구성된다.

대표도



(72) 발명자

키안 킹

미국 캘리포니아주 95129 산 호세 웨스트무어 웨이 6817

홀라스 데니스 알

미국 캘리포니아주 95124 산 호세 크레스트몬트 드라이브 1908

리우 샤오둥

중국 602 상하이 푸둥 빌딩 54 창 다오 로드 1398

특허청구의 범위

청구항 1

가요성 기관 상에 박막 태양 전지(photovoltaic cell)를 증착하기 위한 증착 시스템에 있어서,

(a) 유체 공간을 포함하는 인클로저(enclosure)로서, 상기 유체 공간은 상기 인클로저의 외부 환경으로부터 유체적으로 격리되는, 상기 인클로저;

(b) 상기 유체 공간 내의 복수의 증착 챔버로서, 상기 복수의 증착 챔버 중 적어도 하나의 증착 챔버는 하나 이상의 타겟 재료의 재료 플럭스(material flux)를 상기 복수의 증착 챔버 중 상기 적어도 하나의 증착 챔버 내에 배치된 상기 가요성 기관의 부분 쪽으로 인도하는 마그네트론 스퍼터링 장치(magnetron sputtering apparatus)를 포함하는, 상기 복수의 증착 챔버;

(c) 상기 인클로저 내의 기관 인출 롤러 및 기관 권취 롤러로서, 상기 기관 인출 롤러는 상기 복수의 증착 챔버의 각각을 통해서 상기 기관 권취 롤러로 인도되는 가요성 기관을 제공하는, 상기 기관 인출 롤러 및 기관 권취 롤러; 및

(d) 상기 인클로저 내의 적어도 하나의 가이드 롤러로서, 상기 가요성 기관을 상기 복수의 증착 챔버 중 소정의 증착 챔버로 또는 그로부터 멀리 인도하도록 구성되는, 상기 적어도 하나의 가이드 롤러를 포함하는

증착 시스템.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 적어도 하나의 가이드 롤러는 상기 복수의 증착 챔버의 제 1 증착 챔버와 제 2 증착 챔버 사이에 배치되는

증착 시스템.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 적어도 하나의 가이드 롤러는 상기 제 1 및 제 2 증착 챔버로부터 유체적으로 격리되는

증착 시스템.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 인클로저는 원형 단면을 갖는

증착 시스템.

청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 가요성 기관은 스테인레스 스틸 기관인

증착 시스템.

청구항 6

제 1 항에 있어서,

상기 복수의 챔버의 개별 챔버는, 상기 가요성 기관이 상기 개별 챔버에 진입할 수 있게 하는 제 1 개구 및 상기 가요성 기관이 상기 개별 챔버에서 퇴출될 수 있게 하는 제 2 개구를 포함하는

증착 시스템.

청구항 7

제 6 항에 있어서,

상기 제 1 개구에 인접한 제 1 롤러 및 상기 제 2 개구에 인접한 제 2 롤러를 더 포함하며,

상기 제 1 롤러는 상기 가요성 기관을 상기 개별 챔버 내로 인도하도록 구성되고, 상기 제 2 롤러는 개별 기관을 상기 개별 챔버 밖으로 인도하도록 구성되는

증착 시스템.

청구항 8

제 1 항에 있어서,

상기 적어도 하나의 증착 챔버는 상기 복수의 증착 챔버 중에서 다중 증착 챔버를 포함하며, 상기 다중 증착 챔버의 각각은 적어도 하나의 마그네트론 스퍼터링 장치를 포함하는

증착 시스템.

청구항 9

제 8 항에 있어서,

상기 복수의 증착 챔버의 개별 증착 챔버 내에 개별 마그네트론 스퍼터링 장치가 배치되어 있는

증착 시스템.

청구항 10

제 1 항에 있어서,

상기 적어도 하나의 증착 챔버는 복수의 마그네트론 스퍼터링 조립체를 포함하는

증착 시스템.

청구항 11

제 10 항에 있어서,

상기 하나 이상의 타겟 재료의 재료 플럭스는 구리와 인듐을 포함하는 재료 플럭스를 포함하는

증착 시스템.

청구항 12

제 11 항에 있어서,

상기 하나 이상의 타겟 재료의 재료 플럭스는 갈륨을 포함하는 재료 플럭스를 더 포함하는

증착 시스템.

청구항 13

제 11 항에 있어서,

상기 적어도 하나의 증착 챔버는 상기 적어도 하나의 증착 챔버 내에 배치된 상기 가요성 기관의 상기 부분을 향해서 셀레늄의 재료 플럭스를 제공하는

증착 시스템.

청구항 14

제 1 항에 있어서,

상기 적어도 하나의 증착 챔버는 마그네트론 스퍼터링 장치를 포함하고,

상기 마그네트론 스퍼터링 장치는,

평판 마그네트론에 인접한 회전식 마그네트론; 및

상기 회전식 마그네트론과 상기 평판 마그네트론 사이에 서브-챔버(sub-chamber)를 형성하는 하나 이상의 실드(shield)를 포함하며,

상기 평판 마그네트론은 제 1 재료를 갖는 액체 타겟을 수용하도록, 그리고 상기 제 1 재료를 갖는 재료 플렉스를 상기 회전식 마그네트론을 향해서 제공하도록 구성되고,

상기 회전식 마그네트론은 제 2 재료를 갖는 고체 타겟을 상기 평판 마그네트론에 대해 회전시키도록, 그리고 상기 제 1 및 제 2 재료를 갖는 재료 플렉스를 상기 가요성 기관을 향해서 제공하도록 구성되는

증착 시스템.

청구항 15

제 14 항에 있어서,

상기 제 1 재료는 상기 제 2 재료의 제 2 융점보다 낮은 제 1 융점을 갖는

증착 시스템.

청구항 16

제 14 항에 있어서,

상기 제 1 재료는 갈륨이고 상기 제 2 재료는 인듐인

증착 시스템.

청구항 17

제 14 항에 있어서,

상기 회전식 마그네트론의 형상은 적어도 부분적으로 원통형인

증착 시스템.

청구항 18

제 14 항에 있어서,

상기 평판 마그네트론은 마그네트론 보디(body)에 인접한 배킹 플레이트(backing plate)를 포함하고, 상기 마그네트론 보디는 하나 이상의 자석을 구비하며, 상기 배킹 플레이트는 상기 액체 타겟을 보유하도록 구성되는

증착 시스템.

청구항 19

제 14 항에 있어서,

상기 회전식 마그네트론은 상기 고체 타겟을 상기 평판 마그네트론에 대해 회전시키도록 구성된 지지 부재를 포함하는

증착 시스템.

청구항 20

제 14 항에 있어서,

상기 평판 마그네트론은 제 3 재료를 갖는 다른 액체를 수용하도록 구성되는

증착 시스템.

청구항 21

제 14 항에 있어서,

상기 평판 마그네트론은 상기 챔버 내에 상기 제 1 재료의 플럭스를 제공하도록 구성되는 증착 시스템.

청구항 22

제 14 항에 있어서,

상기 평판 마그네트론에 인접한 다른 평판 마그네트론을 더 포함하며,

상기 다른 평판 마그네트론은 상기 챔버 내에 제 3 재료의 플럭스를 제공하도록 구성되는 증착 시스템.

청구항 23

제 14 항에 있어서,

상기 마그네트론 장치에 인접한 다른 마그네트론 장치를 더 포함하며,

상기 다른 마그네트론 장치는 상기 기판을 향하여 제 3 재료의 플럭스를 제공하도록 구성되는 증착 시스템.

청구항 24

제 23 항에 있어서,

상기 마그네트론 조립체는 상기 기판을 노출시키도록 구성된 개구를 갖는 다른 챔버 내에 봉입되는 증착 시스템.

청구항 25

제 23 항에 있어서,

상기 마그네트론 장치 또는 상기 다른 마그네트론 장치에 인접한 제 4 재료 공급원을 더 포함하는 증착 시스템.

청구항 26

제 25 항에 있어서,

상기 제 4 재료는 황 또는 셀레늄인

증착 시스템.

청구항 27

제 23 항에 있어서,

상기 제 1 재료는 갈륨이고, 상기 제 2 재료는 인듐과 구리 중 하나이며, 상기 제 3 재료는 인듐과 구리 중 다른 하나인

증착 시스템.

청구항 28

제 14 항에 있어서,

상기 마그네트론 장치에 인접한 제 3 재료 공급원을 더 포함하는

증착 시스템.

청구항 29

제 28 항에 있어서,
상기 제 3 재료는 황 또는 셀레늄인
증착 시스템.

청구항 30

제 1 항에 있어서,
상기 적어도 하나의 가이드 롤러는 약 10° 미만의 랩 각도(wrap angle)를 갖는
증착 시스템.

청구항 31

제 1 항에 있어서,
가요성 포일(foil) 기관을 향해서 작동 가능하게 경사진 이온 총(ion gun)을 포함하는 보조 챔버를 더 포함하
는
증착 시스템.

청구항 32

가요성 기관 상에 박막 태양 전지를 증착하기 위한 증착 시스템에 있어서,
(a) 유체 공간을 포함하는 인클로저로서, 상기 유체 공간은 상기 인클로저의 외부 환경으로부터 유체적으로 격리되는, 상기 인클로저;
(b) 상기 유체 공간 내의 복수의 증착 챔버로서, 상기 복수의 증착 챔버는 제 1 증착 챔버 및 제 2 증착 챔버를 포함하고, 상기 제 1 증착 챔버는 제 1 재료 플렉스를 상기 가요성 기관의 부분의 제 1 측부 쪽으로 인도하는 마그네트론 스퍼터링 장치를 포함하며, 상기 제 2 증착 챔버는 제 2 재료 플렉스를 상기 제 1 측부와 대향하는 상기 부분의 제 2 측부 쪽으로 인도하는 마그네트론 스퍼터링 장치를 포함하는, 상기 복수의 증착 챔버; 및
(c) 상기 인클로저 내의 인출 롤러 및 권취 롤러로서, 상기 인출 롤러는 상기 가요성 기관을 상기 복수의 증착 챔버의 각각을 통해서 상기 기관 권취 롤러로 순차적으로 인도하는, 상기 기관 인출 롤러 및 기관 권취 롤러를 포함하는
증착 시스템.

청구항 33

제 32 항에 있어서,
상기 제 1 증착 챔버는 상기 제 2 증착 챔버에 인접하여 배치되는
증착 시스템.

청구항 34

제 32 항에 있어서,
상기 제 1 및 제 2 증착 챔버는, 상기 제 1 재료 플렉스 및 제 2 재료 플렉스가 각각 실질적으로 동시에 상기 제 1 측부 및 제 2 측부를 향해서 인도되도록 배치되는
증착 시스템.

청구항 35

제 32 항에 있어서,

마그네트론 스퍼터링 장치를 구비하지 않는 하나 이상의 추가 증착 챔버를 더 포함하며,
상기 가요성 기관은 상기 인출 롤러로부터 상기 하나 이상의 추가 증착 챔버를 통해서 상기 권취 롤러로 인도되는
증착 시스템.

청구항 36

제 32 항에 있어서,
상기 유체 공간 내의 적어도 하나의 롤러를 더 포함하며,
상기 적어도 하나의 롤러는 상기 가요성 기관을 개별 증착 챔버로 또는 그로부터 멀리 인도하는
증착 시스템.

청구항 37

제 36 항에 있어서,
상기 적어도 하나의 롤러는 약 10° 미만의 랩 각도를 갖는
증착 시스템.

청구항 38

제 36 항에 있어서,
상기 적어도 하나의 롤러는 상기 복수의 증착 챔버로부터 유체적으로 격리되는
증착 시스템.

청구항 39

제 32 항에 있어서,
상기 적어도 하나의 롤러는 상기 복수의 증착 챔버의 제 1 증착 챔버와 제 2 증착 챔버 사이에 배치되는
증착 시스템.

청구항 40

제 32 항에 있어서,
상기 인클로저는 원형 단면을 갖는
증착 시스템.

청구항 41

제 32 항에 있어서,
상기 가요성 기관은 스테인레스 스틸 기관인
증착 시스템.

청구항 42

제 32 항에 있어서,
상기 복수의 챔버의 개별 챔버는, 상기 가요성 기관이 상기 개별 챔버에 진입할 수 있게 하는 제 1 개구 및
상기 가요성 기관이 상기 개별 챔버에서 퇴출될 수 있게 하는 제 2 개구를 포함하는
증착 시스템.

청구항 43

제 42 항에 있어서,

상기 제 1 개구에 인접한 제 1 롤러 및 상기 제 2 개구에 인접한 제 2 롤러를 더 포함하며,

상기 제 1 롤러는 상기 가요성 기관을 상기 개별 챔버 내로 인도하도록 구성되고, 상기 제 2 롤러는 개별 기관을 상기 개별 챔버 밖으로 인도하도록 구성되는

증착 시스템.

청구항 44

제 32 항에 있어서,

상기 적어도 하나의 증착 챔버는 상기 복수의 증착 챔버 중에서 다중 증착 챔버를 포함하며, 상기 다중 증착 챔버의 각각은 적어도 하나의 마그네트론 스퍼터링 장치를 포함하는

증착 시스템.

청구항 45

제 44 항에 있어서,

상기 복수의 증착 챔버의 개별 증착 챔버 내에 개별 마그네트론 스퍼터링 장치가 배치되는

증착 시스템.

청구항 46

제 32 항에 있어서,

상기 적어도 하나의 증착 챔버는 복수의 마그네트론 스퍼터링 장치를 포함하는

증착 시스템.

청구항 47

제 32 항에 있어서,

상기 하나 이상의 타겟 재료의 재료 플럭스는 구리와 인듐을 포함하는 재료 플럭스를 포함하는

증착 시스템.

청구항 48

제 47 항에 있어서,

상기 하나 이상의 타겟 재료의 재료 플럭스는 갈륨을 포함하는 재료 플럭스를 더 포함하는

증착 시스템.

청구항 49

제 47 항에 있어서,

상기 적어도 하나의 증착 챔버는 상기 적어도 하나의 증착 챔버 내에 배치된 상기 가요성 기관의 상기 부분을 향해서 셀레늄의 재료 플럭스를 제공하는

증착 시스템.

청구항 50

제 32 항에 있어서,

상기 적어도 하나의 증착 챔버는 마그네트론 스퍼터링 장치를 포함하고,

상기 마그네트론 스퍼터링 장치는,

평판 마그네트론 스퍼터링 장치에 인접한 회전식 마그네트론 스퍼터링 장치; 및

상기 회전식 마그네트론 스퍼터링 장치와 상기 평판 마그네트론 스퍼터링 장치 사이에 서브-챔버를 형성하는 하나 이상의 실드를 포함하며,

상기 평판 마그네트론 스퍼터링 장치는 제 1 재료를 갖는 액체 타겟을 수용하도록, 그리고 상기 제 1 재료를 갖는 재료 플럭스를 상기 회전식 마그네트론을 향해서 제공하도록 구성되고,

상기 회전식 마그네트론 스퍼터링 장치는 제 2 재료를 갖는 고체 타겟을 상기 평판 마그네트론 스퍼터링 장치에 대해 회전시키도록, 그리고 상기 제 1 및 제 2 재료를 갖는 재료 플럭스를 상기 가요성 기관을 향해서 제공하도록 구성되는

증착 시스템.

청구항 51

제 32 항에 있어서,

가요성 포일 기관을 향해서 작동 가능하게 경사진 이온 총을 포함하는 보조 챔버를 더 포함하는

증착 시스템.

청구항 52

가요성 기관에 인접한 태양 전지 디바이스 구조물을 증착하기 위한 방법에 있어서,

(a) 밀폐된 인클로저 내에 복수의 증착 챔버를 포함하는 증착 시스템을 제공하는 단계로서, 상기 복수의 증착 챔버 중 적어도 하나의 증착 챔버는 하나 이상의 타겟 재료의 재료 플럭스를 상기 적어도 하나의 증착 챔버 내에 배치된 상기 가요성 기관의 부분 쪽으로 인도하는 마그네트론 스퍼터링 장치를 포함하고, 상기 증착 시스템은 상기 인클로저 내의 인출 롤러 및 권취 롤러와, 상기 가요성 기관을 상기 복수의 증착 챔버 중 소정의 증착 챔버로 또는 그로부터 멀리 인도하기 위한 적어도 하나의 가이드 롤러를 포함하는, 증착 시스템 제공 단계;

(b) 상기 가요성 기관에 인접한 상기 태양 전지 디바이스 구조물을 형성하기 위해, 상기 적어도 하나의 가이드 롤러의 도움으로, 상기 가요성 기관을 상기 인출 롤러로부터 상기 복수의 증착 챔버의 각각을 통해서 순차적으로 인도하는 단계; 및

(c) 상기 가요성 기관을 상기 복수의 증착 챔버로부터 상기 권취 롤러로 인도하는 단계를 포함하는

증착 방법.

청구항 53

제 52 항에 있어서,

상기 (b)의 인도 단계는, 상기 가요성 기관을 상기 복수의 증착 챔버의 제 1 증착 챔버와 제 2 증착 챔버 사이에 배치되는 적어도 하나의 롤러를 따라서 인도하는 단계를 포함하는

증착 방법.

청구항 54

제 52 항에 있어서,

상기 적어도 하나의 증착 챔버는 상기 복수의 증착 챔버 중에서 다중 증착 챔버를 포함하며, 상기 다중 증착 챔버의 각각은 적어도 하나의 마그네트론 스퍼터링 장치를 포함하는

증착 방법.

청구항 55

제 54 항에 있어서,

상기 복수의 증착 챔버의 개별 증착 챔버 내에 개별 마그네트론 스퍼터링 장치가 배치되는

증착 방법.

청구항 56

제 52 항에 있어서,

상기 적어도 하나의 증착 챔버는 복수의 마그네트론 스퍼터링 장치를 포함하는

증착 방법.

청구항 57

제 52 항에 있어서,

(b) 단계는 상기 가요성 기관의 상기 부분을 적어도 하나의 증착 시스템에서 상기 하나 이상의 타겟 재료의 재료 플럭스에 노출시키는 단계를 더 포함하는

증착 방법.

청구항 58

제 57 항에 있어서,

상기 하나 이상의 타겟 재료의 재료 플럭스는 구리와 인듐을 포함하는 재료 플럭스를 포함하는

증착 방법.

청구항 59

제 58 항에 있어서,

상기 하나 이상의 타겟 재료의 재료 플럭스는 갈륨을 포함하는 재료 플럭스를 더 포함하는

증착 방법.

청구항 60

제 57 항에 있어서,

상기 적어도 하나의 증착 챔버는 상기 적어도 하나의 증착 챔버 내에 배치된 상기 가요성 기관의 상기 부분을 향해서 셀레늄의 재료 플럭스를 제공하는

증착 방법.

청구항 61

제 52 항에 있어서,

상기 적어도 하나의 증착 챔버는, 각각 적어도 하나의 마그네트론 스퍼터링 장치를 포함하는 두 개의 증착 챔버를 포함하며,

(b) 단계에서, 상기 가요성 기관은 상기 두 개의 증착 챔버의 각각을 통해서 인도되는

증착 방법.

청구항 62

제 52 항에 있어서,

상기 적어도 하나의 증착 챔버는 회전식 마그네트론, 평판 마그네트론, 또는 양 마그네트론 모두를 포함하는

증착 방법.

명세서

기술분야

- [0001] (상호-참조)
- [0002] 본 출원은, 2012년 1월 18일자로 출원되고 그 전체가 본 명세서에 참조로 인용되는 미국 가특허출원 제 61/587,994호에 대해 우선권을 주장한다.
- [0003] 기관 상에 재료 층을 증착함으로써 박막 솔라(또는 태양) 전지가 형성될 수 있다. 이러한 재료 층은 광활성 층을 포함할 수 있다. 재료 층은 증착 시스템의 도움으로 순차적으로 증착될 수 있다. 태양전지 디바이스의 흡수재를 포함하는 다양한 재료 층의 증착 이후 태양전지 디바이스 구조물이 형성될 수 있다.

배경 기술

- [0004] 박막 태양 전지를 형성하기 위한 다양한 증착 시스템 및 방법이 존재한다. 이러한 시스템은 기상 증착 시스템 및 스퍼터링 시스템을 포함한다. 증착 시스템의 예로는 롤-대-롤(roll-to-roll) 증착 시스템이 포함된다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0005] 오늘날 박막 솔라(또는 태양) 전지를 형성하는데 이용될 수 있는 여러가지 시스템이 존재하지만, 이러한 시스템들과 연관된 다양한 제한이 존재하는 것이 인정되고 있다. 예를 들어, 박막 증착을 위해 증발을 이용하는 시스템 및 화학 기상 증착 시스템은 스퍼터링을 채용하는 시스템에 비해서 조성 제어를 유지하는데 훨씬 큰 어려움을 겪을 수 있으며, 이러한 증발 시스템의 증착 속도는 통상 스퍼터링 시스템의 증착 속도보다 낮다.
- [0006] 태양 전지를 형성하는데 이용될 수 있는 여러가지 스퍼터링 시스템(예를 들면, 롤-대-롤 스퍼터링 시스템)이 존재하지만, 이러한 시스템은 태양 전지의 개별 층을 모니터링하는 것이 불가능할 수도 있는데, 이는 예를 들어 소정의 층이 다른 층들과 상호작용하고 다른 층들과 동시에 형성되기 때문이다. 또한, 롤-대-롤 스퍼터링 시스템의 각각의 스테이션은 항상 높은 수율로 작동해야 하거나 아니면 일부 양호하게 형성된 층이 열악하게 형성된 층과 절충되어, 프로세스 전체의 순수 수율을 저하시킬 것이다. 시스템 일부의 고장은 필연적으로 전체 롤-대-롤 프로세스를 정지시키며, 이는 불리하게도 가동 정지로 이어질 수 있다. 일부 롤-대-롤 프로세스는 기관을 지지하기 위해 기관 웹 인출(payout) 및 권취(또는 픽업) 드럼을 사용한다. 이러한 프로세스의 단점은 제한된 기관 온도를 초래할 수 있으며, 폴리머 기관보다 훨씬 높은 탄성율을 갖는 얇은 금속 기관의 경우에 웹 핸들링의 어려움이 증가될 수 있다.
- [0007] 태양 전지를 형성하기 위해 오늘날 이용 가능한 시스템 및 방법의 본 명세서에서 인정된 한계의 적어도 일부를 감안하면, 태양 전지를 형성하기 위한 개선된 시스템 및 방법이 요구된다.

과제의 해결 수단

- [0008] 본 발명은 박막 태양 전지의 다양한 층을 증착하기 위한 가요성을 갖는 롤 코팅 시스템을 제공한다. 태양 전지를 형성하기 위한 시스템은 복수의 모듈을 구비할 수 있으며, 각각의 모듈은 전지의 층들 중의 하나를 증착하도록 구성된다. 따라서, 하나의 층이 갖는 문제가 다른 기계에서 생산이 진행되는 동안 수정될 수 있다. 본 발명은 현재 시스템의 단점의 적어도 일부를 극복할 수 있는 롤-대-롤 코팅 기계용 구조를 개시한다.
- [0009] 본 발명은 얇은 가요성 기관 상에 재료를 롤 형태로 코팅하기 위한 스퍼터 증착 시스템 및 방법을 제공한다. 일부 실시예는 얇은 가요성 금속 기관의 롤 상에 박막 태양 전지의 다양한 층을 형성하기 위한 스퍼터링 장치(예를 들면, 미니 챔버) 및 방법을 제공한다. 본 발명의 시스템은 비교적 신속하고 경제적인 방식으로 태양 전지를 형성한다.
- [0010] 본 발명은 현재 설비보다 빠르고 경제적으로 박막 태양 전지를 생산하기 위해 사용될 수 있는 기계를 제공한다. 본 발명의 시스템은 박막 태양 전지의 다양한 층의 증착을 수용할 수 있는 구조 유연성을 갖는다.
- [0011] 본 발명의 일 양태는 가요성 기관 상에 박막 태양 전지를 증착하기 위한 증착 시스템을 제공한다. 이 증착 시스템은, 그 외부 환경으로부터 유체적으로 격리되는 유체 공간을 포함하는 인클로저, 및 유체 공간 내의 복수의 증착 챔버를 포함할 수 있다. 복수의 증착 챔버 중 적어도 하나의 증착 챔버는 하나 이상의 타겟 재료의 재료 플럭스를 복수의 증착 챔버 중 상기 적어도 하나의 증착 챔버 내에 배치된 가요성 기관의 부분 쪽으로 인도하는 마그네트론 스퍼터링 장치를 포함할 수 있다. 증착 시스템은, 인클로저 내의 기관 인출 롤러 및 기관 권취 롤러를 추가로 포함할 수 있다. 기관 인출 롤러는 복수의 증착 챔버의 각각을 통해서 기관 권취 롤러로 인도되는 가요성 기관을 제공한다. 증착 시스템은 인클로저 내의 적어도 하나의 가이드 롤러를 포함

할 수 있다. 가이드 롤러는 가요성 기관을 복수의 증착 챔버 중 소정의 증착 챔버로 또는 그로부터 멀리 인도하도록 구성될 수 있다.

[0012] 본 발명의 다른 양태는 가요성 기관 상에 박막 태양 전지를 증착하기 위한 증착 시스템을 제공한다. 이 증착 시스템은, 그 외부 환경으로부터 유체적으로 격리되는 유체 공간을 포함하는 인클로저, 및 유체 공간 내의 복수의 증착 챔버를 포함할 수 있다. 복수의 증착 챔버는 제 1 증착 챔버와 제 2 증착 챔버를 포함할 수 있다. 제 1 증착 챔버는 제 1 재료 플럭스를 가요성 기관의 부분의 제 1 측부 쪽으로 인도하는 마그네트론 스퍼터링 장치를 포함할 수 있다. 제 2 증착 챔버는 제 2 재료 플럭스를 제 1 측부와 대향하는 상기 부분의 제 2 측부 쪽으로 인도하는 마그네트론 스퍼터링 장치를 포함할 수 있다. 증착 시스템은 인클로저 내의 인출 롤러 및 권취 롤러를 추가로 포함할 수 있다. 인출 롤러는 가요성 기관을 복수의 증착 챔버의 각각을 통해서 기관 권취 롤러로 순차적으로 인도할 수 있다.

[0013] 본 발명의 다른 양태는 가요성 기관에 인접한 태양 전지 디바이스 구조물을 증착하기 위한 방법을 제공하며, 이는 밀폐된 인클로저 내에 복수의 증착 챔버를 포함하는 증착 시스템을 제공하는 단계를 포함한다. 복수의 증착 챔버 중 적어도 하나의 증착 챔버는 하나 이상의 타겟 재료의 재료 플럭스를 그 적어도 하나의 증착 챔버 내에 배치된 가요성 기관의 부분 쪽으로 인도하는 마그네트론 스퍼터링 장치를 포함할 수 있다. 증착 시스템은 인클로저 내의 인출 롤러 및 권취 롤러와, 가요성 기관을 복수의 증착 챔버 중 소정의 증착 챔버로 또는 그로부터 멀리 인도하기 위한 적어도 하나의 가이드 롤러를 추가로 포함할 수 있다. 다음으로, 가요성 기관에 인접한 태양 전지 디바이스 구조물을 형성하기 위해, 적어도 하나의 가이드 롤러의 도움으로, 가요성 기관이 인출 롤러로부터 복수의 증착 챔버의 각각을 통해서 순차적으로 인도될 수 있다. 가요성 기관은 이후 복수의 증착 챔버로부터 권취 롤러로 인도될 수 있다.

[0014] 본 발명의 추가 양태 및 장점은 하기 상세한 설명에 의해 당업자에게 쉽게 명백해질 것이며, 상세한 설명에는 본 발명의 단지 예시적인 실시예가 기술되어 있다. 당연히, 본 발명은 기타 상이한 실시예로 실시될 수 있으며, 그 몇 가지 상세는 본 발명의 범위를 벗어나지 않는 다양한 자명한 측면에서 수정될 수 있다. 따라서, 도면 및 설명은 속성상 예시적이며 비제한적인 것으로 간주되어야 한다.

[0015] 본 명세서에서 언급되는 모든 공보, 특허 및 특허 출원은 각각의 개별 공보, 특허 또는 특허 출원이 구체적으로 및 개별적으로 참조 인용되는 것과 동일한 정도로 참조로 인용된다.

도면의 간단한 설명

[0016] 본 발명의 신규 특징은 청구범위에 구체적으로 나타나 있다. 본 발명의 특징 및 장점의 보다 양호한 이해는 본 발명의 원리가 활용되는 예시적 실시예를 나타내는 하기 상세한 설명, 및 첨부 도면을 참조하여 얻어질 것이다.

도 1은 본 발명의 코팅 장치의 전체적인 3차원 사시도이다.

도 2는 본 발명의 코팅 장치의 내부 상세를 도시하는 단면 사시도이다.

도 3은 본 발명의 코팅 장치의 주요 설계 요소만 도시하는 것으로 한정된 간이 평면 단면도이다.

도 4는 본 발명의 증착 챔버의 하나의 기본 실시예에 대한 상세 구조를 도시하는, 도 3의 통상적인 코팅 스테이션의 개략 단면도이다.

도 5는 본 발명의 증착 챔버의 추가 코팅 구조에 대한 상세를 도시하는 조합적 개략 단면도이다.

도 6은 본 발명의 증착 챔버의 다양한 코팅 구조에 대한 보편적인 드럼 및 수송 시스템 실시예를 도시하는 조합적 개략 단면도이다.

도 7은 보다 보편적인 코팅 드럼 실시예에서 완전히 구성된 본 발명의 코팅 기계의 단면도이다.

도 8은 CIGS형 박막 태양 전지용 후면 전극을 박막 포일 기관 상에 코팅하도록 구성될 때의 본 발명의 코팅 기계의 개략 단면도이다.

도 9는 CIGS형 박막 태양 전지용 흡수재 층을 박막 포일 기관 상에 코팅하도록 구성될 때의 본 발명의 코팅 기계의 개략 단면도이다.

도 10은 CIGS형 박막 태양 전지용 접합층을 박막 포일 기관 상에 코팅하도록 구성될 때의 본 발명의 코팅 기계의 개략 단면도이다.

도 11은 CIGS형 박막 태양 전지용 투명 상부 전극을 박막 포일 기판 상에 코팅하도록 구성될 때의 본 발명의 코팅 기계의 개략 단면도이다.

도 12는 웹의 코팅된 표면과의 수송 물리 접촉을 방지하도록 구성될 때의 본 발명의 코팅 기계의 개략 단면도이다.

도 13은 코팅이 완료될 때까지 웹의 코팅된 표면과의 수송 물리 접촉을 방지하는 대체 구조를 갖는 본 발명의 코팅 기계의 개략 단면도이다.

도 14는 본 발명의 방법을 수행하도록 프로그래밍되거나 구성되는 컴퓨터 시스템의 개략도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0017] 본 발명의 다양한 실시예가 본 명세서에 설명되지만, 이러한 실시예는 단지 예로서 제공된다는 것은 당업자에게 자명할 것이다. 본 발명의 범위를 벗어나지 않는 한도 내에서 다양한 수정, 변경 및 치환이 당업자에게 이루어질 수 있다. 본 명세서에 기술되는 본 발명의 실시예에 대한 다양한 대체예가 본 명세서에 기술되는 본 발명(들)의 임의의 것을 실시하는데 사용될 수 있음을 알아야 한다.
- [0018] 본 명세서에 사용되는 "태양 전지"라는 용어는 전자기 방사선(또는 빛)의 에너지를 광기전(photovoltaic: PV) 효과에 의해 전기로 변환시키는 활성 물질(또는 흡수재)을 갖는 고체 상태 전기 디바이스를 지칭한다.
- [0019] 본 명세서에 사용되는 "흡수재(absorber)"라는 용어는 일반적으로, 전자기 방사선에 노출될 때 전자기 방사선의 에너지를 광기전(PV) 효과에 의해 전기로 변환시키는 광활성 재료를 지칭한다. 흡수재는 광의 선택 파장에서 전기를 발생시키도록 구성될 수 있다. 흡수재 층은 전자/정공 쌍을 발생시키도록 구성될 수 있다. 빛에 노출될 때, 흡수재는 전자/정공 쌍을 발생시킬 수 있다. 흡수재의 예로는 구리 인듐 갈륨 디셀레나이드(copper indium gallium di-selenide: CIGS) 및 구리 인듐 셀레나이드(copper indium selenide: CIS)가 비제한적으로 포함된다. 흡수재 층은 도핑된 n-형 또는 p-형일 수 있다. 일부 흡수재는 추가 도핑이 전혀 없는 n-형 또는 p-형이다. 예를 들어, 형성된 CIGS는 p-형일 수 있으며, 추가 p-형 도핑을 일절 요구하지 않을 수 있다. 일부 경우에, 흡수재 층(예를 들면, 실리콘 흡수재 층)을 형성할 때는, 흡수재 층에 n-형 또는 p-형 도펀트(dopant)를 통합하기 위해 n-형 또는 p-형 도펀트의 전구체가 도입된다. 대안으로서, 흡수재 층의 형성 이후에, n-형 또는 p-형 도펀트가 이온 주입에 이어지는 어닐링에 의해서 흡수재 층에 도입될 수 있다. 일부 상황(예를 들면, CIGS)에서는, 흡수재 층에 나트륨을 포함하도록 나트륨 전구체가 흡수재 층에 제공된다.
- [0020] 본 명세서에 사용되는 "광기전 모듈" 또는 "솔라 모듈"이라는 용어는 하나 이상의 PV 전지의 패키지 어레이를 지칭한다. PV 모듈(본 명세서에서 "모듈"로도 지칭됨)은 상업 용도 및 거주 용도 등에서 전기를 발생 및 공급하기 위한 대형 광기전 시스템의 부품으로서 사용될 수 있다. PV 모듈은 하나 이상의 PV 전지를 갖는 지지 구조물을 구비할 수 있다. 일부 실시예에서, PV 모듈은 예를 들어 인터커넥트의 도움으로 직렬로 상호연결될 수 있는 복수의 PV 전지를 구비한다. PV 어레이는 복수의 PV 모듈을 구비할 수 있다.
- [0021] 본 명세서에 사용되는 "n-형"은 일반적으로 n-형 도펀트로 화학적으로 도핑되는("도핑된") 재료를 지칭한다. 예를 들어, 실리콘은 인 또는 비소를 사용하여 도핑된 n-형일 수 있다.
- [0022] 본 명세서에 사용되는 "p-형"은 일반적으로 p-형 도펀트로 도핑되는 재료를 지칭한다. 예를 들어, 실리콘은 붕소 또는 알루미늄을 사용하여 도핑된 p-형일 수 있다.
- [0023] 본 명세서에 사용되는 "층"이라는 용어는 일반적으로 기판 상의 원자 또는 분자 층을 지칭한다. 일부 경우에, 층은 단위 또는 복수의 에피택셜 층을 구비한다. 층은 막 또는 박막을 구비할 수 있다. 일부 상황에서, 층은 소정 디바이스 기능을 수행하는 디바이스(예를 들면, 발광 다이오드)의 구성 부품이며, 예를 들면 광을 발생(또는 방출)하도록 구성되는 활성층이다. 층은 일반적으로 약 1 단층(monolayer: ML) 내지 수십 단층, 수백 단층, 수천 단층, 수백만 단층, 수십억 단층, 수조 단층 이상의 두께를 갖는다. 일 예로서, 층은 1 단층보다 큰 두께를 갖는 다층 구조이다. 또한, 층은 다중 재료 층(또는 서브-층)을 구비할 수 있다. 일 예에서, 다중 양자 웰(quantum well) 활성층은 다중 웰 및 배리어 층을 구비한다. 층은 복수의 서브-층을 구비할 수 있다. 예를 들어, 활성층은 배리어 서브-층 및 웰 서브-층을 구비할 수 있다.
- [0024] 본 명세서에 사용되는 "기판"이라는 용어는 일반적으로, 그 위에 층, 막 또는 박막이 요구되는 임의의 피가공물을 지칭한다. 기판은 실리콘, 게르마늄, 실리카, 사파이어, 산화 아연, 탄소(예를 들면, 그래핀), SiC, AlN, GaN, 스피넬, 코팅된 실리콘, 실리콘 온 옥사이드, 실리콘 카바이드 온 옥사이드(silicon carbide on

oxide), 유리, 질화 갈륨, 질화 인듐, 이산화티탄 및 질화 알루미늄, 세라믹 재료(예를 들면, 알루미늄, AlN), 금속 재료(예를 들면, 스테인레스 스틸, 텅스텐, 티탄, 구리, 알루미늄), 폴리머 재료 및 그 조합(또는 합금)을 비제한적으로 포함한다.

[0025] 본 명세서에 사용되는 "인접한" 또는 "에 인접한(adjacent to)"이라는 용어는 '에 이웃하는', '붙어있는', '접촉하는' 및 '에 근접하는'을 포함한다. 일부 경우에, 인접한 부품은 하나 이상의 중개 층에 의해 상호 분리된다. 예를 들어, 하나 이상의 중개 층은 약 10 마이크로미터("미크론"), 1 미크론, 500 나노미터("nm"), 100 nm, 50 nm, 10 nm, 1 nm 또는 그 이하보다 작은 두께를 가질 수 있다. 일 예에서, 제 1 층이 제 2 층과 직접 접촉할 때 제 1 층은 제 2 층에 인접한다. 다른 예에서, 제 1 층이 제 3 층에 의해 제 2 층으로부터 분리될 때 제 1 층은 제 2 층에 인접한다.

[0026] 본 명세서에 사용되는 "반응 공간"이라는 용어는 일반적으로, 기관에 인접하여 재료 층, 막 또는 박막을 증착하기에 적합한 임의의 환경, 또는 재료 층, 막 또는 박막의 물리적 특징의 측정을 지칭한다. 반응 공간은 재료 공급원을 구비하거나 재료 공급원에 유체적으로 결합될 수 있다. 일 예에서, 반응 공간은 반응 챔버(본 명세서에서 "챔버"로도 지칭됨)를 구비한다. 다른 예에서, 반응 공간은 복수의 챔버를 갖는 시스템 내에 챔버를 구비한다. 반응 공간은 복수의 유체적으로 분리된 챔버를 갖는 시스템 내에 챔버를 구비할 수 있다. 태양 전지를 형성하기 위한 시스템은 다중 반응 공간을 구비할 수 있다. 반응 공간은 상호 유체적으로 분리될 수 있다. 일부 반응 공간은 기관 또는 기관에 인접하여 형성된 층, 막 또는 박막에 대해 측정을 수행하기에 적합할 수 있다.

[0027] 본 명세서에 사용되는 "유체 공간"이라는 용어는 일반적으로, 유체를 수용하거나 유체를 유체 유동 경로를 따라서 인도할 수 있는 임의의 환경을 지칭한다. 일부 경우에, 유체 공간은 반응 공간이다.

[0028] 본 명세서에 사용되는 "플럭스"라는 용어는 일반적으로 재료의 유동을 지칭한다. 일부 경우에 플럭스는 단위 면적당 재료의 유량이다.

[0029] 스퍼터링 시스템

[0030] 본 발명의 일 양태는 가요성 기관 상에 박막 태양 전지를 증착하기 위한 증착 시스템을 제공한다. 이러한 시스템은 구리 인듐 갈륨 디셀레나이드(CIGS), 구리 인듐 알루미늄 디셀레나이드(copper indium aluminum diselenide: CIAS), 구리 아연 주석 디설파이드/셀레나이드(copper zinc tin disulfide/selenide: CZTS), 구리 인듐 디셀레나이드(CIS), 카드뮴 텔루르("카드뮴 텔루라이드"), 또는 카드뮴 아연 텔루르로 형성된 흡수재를 포함하는 태양 전지의 형성에 사용하기 위해 채용될 수 있다.

[0031] 가요성 기관 상에 태양 전지를 증착하기 위한 시스템은 그 외부 환경으로부터 유체적으로 격리되는 유체 공간을 포함하는 인클로저, 및 유체 공간 내의 복수의 증착 챔버를 포함한다. 복수의 증착 챔버 중 적어도 하나의 증착 챔버는 하나 이상의 타겟 재료의 재료 플럭스를 복수의 증착 챔버 중 상기 적어도 하나의 증착 챔버 내에 배치된 가요성 기관의 부분 쪽으로 인도하는 마그네트론 스퍼터링 조립체(또는 장치)(본 명세서에서 "마그네트론"으로도 지칭됨)를 포함한다. 상기 시스템은 인클로저의 유체 공간 내에 적어도 하나의 가이드 롤러를 추가로 구비할 수 있다. 가이드 롤러는 가요성 기관을 복수의 증착 챔버 중 소정의 증착 챔버로 또는 그로부터 멀리 인도하도록 구성될 수 있다.

[0032] 증착 챔버는 반응 공간을 수용하는 하나 이상의 벽을 구비할 수 있다. 증착 챔버는 재료 플럭스가 가요성 기관과 접촉할 수 있게 하는 개구를 가질 수 있다.

[0033] 복수의 증착 챔버 중의 제 1 증착 챔버와 제 2 증착 챔버 사이에 가이드 롤러가 배치될 수 있다. 가이드 롤러는 가요성 기관을 제 1 증착 챔버로부터 제 2 증착 챔버로 안내하거나 인도하기 위해 사용될 수 있다. 가이드 롤러는 제 1 및 제 2 증착 챔버로부터 유체적으로 격리될 수 있다. 가이드 롤러는 유체 공간 내에 배치될 수 있다.

[0034] 가이드 롤러는 가요성 기관을 기관 인출 롤러로부터 증착 챔버로, 증착 챔버로부터 기관 권취 롤러로, 또는 복수의 증착 챔버 중에서 하나의 증착 챔버로부터 다른 증착 챔버로 인도하거나 안내할 수 있다. 인출 롤러는 하나 이상의 증착 챔버 내로 인도되는 가요성 기관의 롤을 구비할 수 있다. 기관은 인출 롤러의 스펴(spool) 주위에 래핑(또는 권선)될 수 있다. 막 증착 이후, 기관은 권취 롤러 내로 인도된다. 기관은 권취 롤러의 스펴 내로 인도되어 스펴 주위에 래핑(또는 권선)될 수 있다.

[0035] 가이드 롤러는 증착 챔버로부터의 가스 또는 증기가 롤러와 접촉하는 것을 최소화하거나 방지하는 퍼지

(purge) 가스 또는 기타 배경 가스의 도움으로 제 1 및 제 2 증착 챔버로부터 유체적으로 격리될 수 있다.

- [0036] 시스템은 적어도 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 20, 30, 40, 50, 100 또는 1000 개의 가이드 롤러를 구비할 수 있다. 시스템은 인클로저 내의 개별 증착 챔버 사이에 적어도 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 20, 30, 40, 50 또는 100 개의 가이드 롤러를 구비할 수 있다.
- [0037] 일부 상황에서, 가이드 롤러의 사용은 가요성 기관을 증착 챔버 중에서 인도하기 위한 드럼에 대한 필요성을 배제할 수 있다. 이는 시스템 복잡성을 최소화하는데 유리하게 도움이 될 수 있으며, 이것은 비용을 최소화하는데 도움이 될 수 있다. 일부 예에서, 시스템은 드럼이 없다(즉, 드럼을 포함하지 않는다). 일부 실시예에서, 롤러의 사용은 (드럼과 대조적으로) 증착 챔버(및 각각의 증착 챔버 내의 부분 또는 기관)를 결합해제(예를 들면, 열적으로 결합해제)시킬 수 있으며, 이는 다양한 이점 및 장점을 가능하게 할 수 있다. 예를 들어, 롤러의 사용은 드럼과 대조적으로, 예를 들어 (1) 보다 신속한 태양 전지 제조를 가능하게 하는, 기관의 앞면과 뒷면의 동시 코팅, (2) 보다 신속한 가열/냉각 및 보다 높은 가열 속도, 및 (3) 상이한 온도 및 가열/냉각 속도를 제공할 수 있는, 다양한 증착 챔버에서의 독립적 가열을 가능하게 할 수 있다.
- [0038] 일부 예에서, 인클로저 내의 증착 챔버는 인클로저를 충전하는 퍼지 가스 또는 기타 배경 가스의 도움으로 상호 유체적으로 격리될 수 있다. 대안적으로 또는 추가적으로, 인클로저는 증착 챔버로부터 유체 공간 내로 유동하는 가스 또는 증기를 펌핑 방출하는 펌핑 시스템을 구비할 수 있다.
- [0039] 펌핑 시스템은 터보분자("터보") 펌프, 확산 펌프, 이온 펌프, 저온("cryo") 펌프, 및 기계식 펌프 중 하나 이상과 같은, 하나 이상의 진공 펌프를 구비할 수 있다. 펌프는 하나 이상의 보조 펌프를 구비할 수 있다. 예를 들어, 터보 펌프는 기계식 펌프에 의해 보조될 수 있다.
- [0040] 시스템은 인클로저 내에 기관 인출 롤러(본 명세서에서 "인출 롤러"로도 지칭됨) 및 기관 권취 롤러(본 명세서에서 "권취 롤러"로도 지칭됨)를 추가로 구비할 수 있다. 사용 중에, 가요성 기관은 인출 롤러로부터 복수의 증착 챔버의 각각을 통해서 권취 롤러로 인도된다.
- [0041] 시스템은 마그네트론 스퍼터링 조립체(또는 장치)를 구비하지 않는 하나 이상의 추가 증착 챔버를 추가로 구비할 수 있다. 가요성 기관은 인출 롤러로부터 하나 이상의 추가 증착 챔버를 통해서 권취 롤러로 인도될 수 있다.
- [0042] 인클로저는 다양한 형상과 크기를 가질 수 있다. 일부 예에서, 인클로저는 원형, 삼각형, 정방형 또는 장방형 단면을 갖는다. 일 예에서, 인클로저는 대체로 원통형 형상이다.
- [0043] 인클로저는 스테인레스 스틸과 같은 금속 재료로 형성될 수 있다. 인클로저는 약 1 피트(30.48 cm) 내지 100 피트(30.48 m) 또는 1 피트 내지 10 피트(3.048 m)의 길이, 및 약 1 피트 내지 100 피트 또는 1 피트 내지 10 피트의 직경(또는 폭)을 가질 수 있다. 인클로저는 시스템 작동 중에 인클로저를 밀봉하는 캡을 구비할 수 있다. 유체 공간은 유체 공간과 유체 연통하는 펌핑 시스템의 도움으로 소정의 압력으로 유지될 수 있다.
- [0044] 예를 들어, 인클로저는 진공 하에 또는 제어된 환경에서 유지될 수 있다. 인클로저는 본 명세서의 다른 곳에 기재되어 있는 펌핑 시스템의 도움으로 진공 하에 유지될 수 있다. 일부 상황에서, 인클로저는 가스(예를 들면, Ar, He, Ne, N₂)로 퍼지된다.
- [0045] 일부 예에서, 인클로저는 펌핑 시스템의 도움으로 진공 하에 유지된다. 인클로저는 약 100 토르(torr), 1 토르, 10⁻¹ 토르, 10⁻² 토르, 10⁻³ 토르, 10⁻⁴ 토르, 10⁻⁵ 토르, 10⁻⁶ 토르, 10⁻⁷ 토르, 또는 10⁻⁸ 토르 이하의 압력으로 유지될 수 있다. 대안으로서, 인클로저는 인클로저 외부 환경의 압력에 대해 상승되는 압력으로 유지된다. 예를 들어, 인클로저는 약 10⁻⁶ 토르, 10⁻⁵ 토르, 10⁻⁴ 토르, 10⁻³ 토르, 10⁻² 토르, 10⁻¹ 토르, 1 토르, 100 토르 또는 1000 토르 이상의 압력으로 유지될 수 있다.
- [0046] 가요성 기관은 기관을 지지하는 기관 웹의 도움으로 하나의 증착 챔버에서 다른 증착 챔버로 인도될 수 있다. 기관 웹은 기관을 보유하도록 구성될 수 있다. 일 예에서, 기관 웹은 메쉬이다.
- [0047] 가요성 기관은 다양한 형태의 재료로 형성될 수 있다. 일부 경우에, 가요성 기관은 전기 전도성 재료로 형성된다. 일 예에서, 가요성 기관은 스테인레스 스틸 기관이다. 다른 예에서, 가요성 기관은 알루미늄 기관이다. 다른 예에서, 가요성 기관은 폴리머 재료로 형성된다.
- [0048] 시스템의 복수의 챔버의 개별 챔버는 가요성 기관이 개별 챔버에 진입할 수 있게 하는 제 1 개구 및 웹이 개별 챔버에서 퇴출될 수 있게 하는 제 2 개구를 구비할 수 있다. 제 1 및 제 2 개구는 가요성 기관이 이들 개

구를 통과할 수 있도록 구성된다. 제 1 및 제 2 개구는 다양한 형상과 크기를 가질 수 있다. 일부 예에서, 개구는 슬릿이다. 시스템은 제 1 개구에 인접한 제 1 롤러 및 제 2 개구에 인접한 제 2 롤러를 구비할 수 있다. 제 1 롤러는 가요성 기관을 개별 챔버 내로 인도하도록 구성되며, 제 2 롤러는 가요성 기관을 개별 챔버 밖으로 인도하도록 구성된다.

[0049] 복수의 증착 챔버는 복수의 마그네트론 스퍼터링 조립체를 구비할 수 있다. 복수의 증착 챔버의 개별 증착 챔버에 개별 마그네트론 스퍼터링 조립체(또는 장치)가 배치될 수 있다. 일부 경우에, 증착 챔버는 복수의 마그네트론 스퍼터링 조립체를 구비한다. 예를 들어, 증착 챔버는 적어도 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 20, 30, 40, 50 또는 100 개의 마그네트론 스퍼터링 조립체를 구비할 수 있으며, 각각의 마그네트론 스퍼터링 조립체는 하나 이상의 타겟 재료의 플럭스를 제공하도록 구성될 수 있다. 마그네트론 스퍼터링 조립체는 회전식 마그네트론 또는 평판 마그네트론일 수 있다. 평판 마그네트론은 수평 구조를 가질 수 있다.

[0050] 시스템은 하나 이상의 증착 챔버를 구비할 수 있다. 일부 경우에, 시스템은 적어도 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 20, 30, 40, 50 또는 100 개의 증착 챔버를 수용하는 인클로저를 포함한다. 시스템은 기관을 제공(예를 들면, 송출)하기 위한 기관 인출 롤러, 및 시스템의 증착 챔버에서의 하나 이상의 재료 층의 적층 이후 기관을 권취하기 위한 기관 권취 롤러를 구비할 수 있다.

[0051] 태양 전지 층은 순차적으로, 즉 하나 뒤에 다른 하나가 증착될 수 있다. 이는 기관의 일부를 증착 챔버 내에 순차적으로 인도함으로써 이루어질 수 있다.

[0052] 시스템은 일부 경우에, 복수의 마그네트론 스퍼터링 조립체를 포함하는 적어도 하나의 증착 챔버를 구비한다. 일부 예에서, 적어도 하나의 증착 챔버는 복수의 평판 마그네트론 스퍼터링 조립체, 복수의 회전식 마그네트론 스퍼터링 조립체, 또는 평판 및 회전식 마그네트론 스퍼터링 조립체의 조합을 구비한다.

[0053] 일부 예에서, 시스템은 기관에 인접하여 실리콘, CIGS, CIS, CIAS, CZTS, CdTe 또는 CdZnTe 흡수층을 형성하도록 구성된다. 이러한 경우에, 시스템의 증착 챔버는 구리, 인듐 및 갈륨의 재료 플럭스를 제공하도록 구성될 수 있다. 증착 챔버는 일부 경우에 다른 재료 플럭스와 별도로 셀레늄의 재료 플럭스를 제공할 수 있다.

[0054] 사용 중에, 가요성 기관은 개별 증착 챔버 내로 인도되며, 증착 챔버 내에 있는 가요성 기관의 부분은 하나 이상의 타겟 재료의 재료 플럭스에 노출된다. 가요성 기관은 약 0.001 meters(m)/minute(min), 0.01 m/min, 0.1 m/min, 1 m/min, 10 m/min 또는 100 m/min 이상의 속도와 같은 연속 속도로 또는 대안으로서 일련의 단계적으로 증착 챔버를 통과할 수 있다.

[0055] 하나 이상의 마그네트론 스퍼터링 조립체는 액체 타겟으로부터 재료 플럭스를 제공하도록 구성될 수 있다. 일부 상황에서, 시스템의 복수의 증착 챔버의 적어도 서브세트의 적어도 하나는 평판 마그네트론 스퍼터링 장치에 인접한 회전식 마그네트론 스퍼터링 장치를 포함하는 마그네트론 스퍼터링 조립체, 및 회전식 마그네트론 스퍼터링 장치와 평판 마그네트론 스퍼터링 장치 사이에 서브-챔버를 형성하는 하나 이상의 실드를 포함한다. 평판 마그네트론 스퍼터링 장치는 제 1 재료를 갖는 액체 타겟을 수용하고 제 1 재료를 갖는 재료 플럭스를 회전식 마그네트론 스퍼터링 장치를 향해 제공하도록 구성될 수 있다. 회전식 마그네트론 스퍼터링 장치는 제 2 재료를 갖는 고체 타겟을 평판 마그네트론 스퍼터링 장치에 대해 회전시키고 제 1 및 제 2 재료를 갖는 재료 플럭스를 가요성 기관을 향해서 제공하도록 구성될 수 있다. 제 1 재료는 제 2 재료의 제 2 용점보다 낮은 제 1 용점을 가질 수 있다. 일 예에서, 상기 제 1 재료는 갈륨이고 상기 제 2 재료는 인듐이다. 평판 마그네트론 스퍼터링 장치는 서브-챔버에 제 1 재료의 플럭스를 제공하도록 구성될 수 있다.

[0056] 일부 경우에, 상기 평판 마그네트론 스퍼터링 장치에 인접하여 다른 평판 마그네트론 스퍼터링 장치가 제공될 수 있다. 다른 평판 마그네트론 스퍼터링 장치는 서브-챔버에 제 3 재료의 플럭스를 제공하도록 구성될 수 있다. 제 3 재료의 플럭스는 회전식 마그네트론 스퍼터링 장치를 향해서 인도될 수 있다.

[0057] 회전식 마그네트론 스퍼터링 장치의 형상은 적어도 부분적으로 원통형일 수 있다. 일부 경우에, 회전식 마그네트론 스퍼터링 장치는 실질적으로 원통형의 형상이다. 평판 마그네트론 스퍼터링 장치는 마그네트론 스퍼터링 장치 보디(body)에 인접하는 배킹 플레이트(backing plate)를 구비할 수 있다. 마그네트론 스퍼터링 장치 보디는 하나 이상의 자석을 구비할 수 있으며, 배킹 플레이트는 액체 타겟을 보유하도록 구성된다.

[0058] 일부 경우에, 회전식 마그네트론 스퍼터링 장치는 고체 타겟을 평판 마그네트론 스퍼터링 장치에 대해 회전시키도록 구성된 지지 부재를 포함할 수 있다. 평판 마그네트론 스퍼터링 장치는 제 3 재료를 갖는 다른 액체를 수용하도록 구성될 수 있다.

[0059] 증착 챔버는 다중 마그네트론 스퍼터링 조립체를 구비할 수 있다. 일부 경우에, 증착 챔버의 개별 마그네트

론 스퍼터링 조립체는 가요성 기관을 향하여 재료 플럭스를 제공하도록 구성될 수 있다.

- [0060] 마그네트론 스퍼터링 조립체는 증착 챔버의 서브-챔버(즉, 증착 챔버 내의 챔버 또는 인클로저) 내에 배치될 수 있다. 일 예에서, 마그네트론 스퍼터링 조립체는 기관을 마그네트론 스퍼터링 조립체로부터의 재료 플럭스에 노출시키도록 구성된 개구를 갖는 서브-챔버 내에 봉입된다.
- [0061] 증착 챔버는 기타 재료의 공급원을 구비할 수 있다. 이러한 기타 재료 공급원은 마그네트론 스퍼터링 조립체 또는 다른 형태의 증착 장치일 수 있다. 예를 들어, 시스템은 마그네트론 스퍼터링 장치를 구비하지 않는 하나 이상의 추가 증착 챔버를 구비할 수 있다. 일부 경우에, 재료 공급원은 그 재료를 함유하는 액체와 유체 연통하는 유체 유동 경로를 통해서 증착 챔버 내에 제공되는 증기 공급원이다. 일 예에서는, 셀레늄 또는 황 증기가 셀레늄 또는 황을 포함하는 액체와 유체 연통하는 유체 유동 경로를 통해서 증착 챔버 내에 제공된다.
- [0062] 본 명세서에 제공되는 다양한 예 및 구성에서 가요성 기관이 사용되지만, 대안으로서, 비가요성(예를 들면, 글래스 슬라이드) 또는 실질적으로 강성인 기관이 사용될 수 있다. 비가요성 기관의 경우에는 인출 롤러 및 권취 롤러가 배치될 수 있다.
- [0063] 시스템은 인클로저(또는 챔버) 내에 하나 이상의 증착 챔버를 구비할 수 있다. 일 예에서, 인클로저 또는 모든-포위 챔버는 개별 증착 챔버를 수용한다. 인클로저는 그 외부 환경으로부터 밀봉될 수 있다. 시스템의 개별 증착 챔버는 하나 이상의 마그네트론 스퍼터링 조립체를 구비할 수 있으며, 각각의 마그네트론 스퍼터링 조립체는 증착 챔버의 서브-챔버에 수용될 수 있다. 일부 경우에, 시스템은 챔버인 인클로저를 포함하며, 인클로저는 서브-챔버로 지칭될 수 있는 개별 증착 시스템을 수용한다.
- [0064] 시스템은 하나 이상의 타겟 재료의 재료 플럭스를 가요성 기관의 뒷면으로 인도하는 마그네트론 스퍼터링 장치를 포함하는 증착 챔버를 구비할 수 있다. 시스템은 제 1 재료 플럭스를 가요성 기관의 부분의 앞면 쪽으로 인도하는 제 1 마그네트론 스퍼터링 장치, 및 제 2 재료 플럭스를 가요성 기관의 뒷면 쪽으로 인도하는 제 2 마그네트론 스퍼터링 장치를 구비할 수 있다. 상기 앞면과 뒷면은 상호 대향할 수 있다.
- [0065] 예를 들어, 시스템의 복수의 증착 챔버 중의 하나의 증착 챔버는 가요성 기관의 앞면과 대면하도록 배치되는 제 1 마그네트론 스퍼터링 장치, 및 가요성 기관의 뒷면과 대면하도록 배치되는 제 2 마그네트론 스퍼터링 장치를 구비할 수 있다. 제 1 마그네트론 스퍼터링 장치는 가요성 기관의 앞면에 인접하여 흡수재 층을 형성하기 위해 타겟 재료의 재료 플럭스를 제공하도록 구성될 수 있다. 제 2 마그네트론 스퍼터링 장치는 가요성 기관에 인접하여 후면 전극을 형성하기 위해 후면 전극 재료(예를 들면, 몰리브덴, 니오브, 또는 탄탈)의 재료 플럭스를 가요성 기관의 뒷면에 제공할 수 있다.
- [0066] 다른 예로서, 시스템은 가요성 기관 상에 박막 태양 전지를 증착하기 위한 증착 시스템을 구비할 수 있으며, 이 증착 시스템은, 그 외부 환경으로부터 유체적으로 격리되는 유체 공간을 포함하는 인클로저, 및 상기 유체 공간 내의 복수의 증착 챔버를 포함한다. 상기 복수의 증착 챔버는 제 1 증착 챔버와 제 2 증착 챔버를 포함한다. 제 1 증착 챔버는 제 1 재료 플럭스를 가요성 기관의 부분의 제 1 측부 쪽으로 인도하는 마그네트론 스퍼터링 장치를 포함한다. 제 2 증착 챔버는 제 2 재료 플럭스를 상기 제 1 측부와 대향하는 상기 부분의 제 2 측부 쪽으로 인도하는 마그네트론 스퍼터링 장치를 포함한다. 인출 롤러는 가요성 기관을 복수의 증착 챔버의 각각을 통해서 기관 권취 롤러로 순차적으로 인도한다. 시스템은 가요성 기관을 증착 챔버 쪽으로 및 증착 챔버를 통해서 안내하거나 인도하기 위한 하나 이상의 가이드 롤러를 구비할 수 있다.
- [0067] 일부 경우에, 제 1 증착 챔버는 제 2 증착 챔버에 인접하여 배치된다. 일 예에서, 제 1 및 제 2 증착 챔버는 제 1 재료 플럭스와 제 2 재료 플럭스가 각각 제 1 측부 및 제 2 측부를 향해서 인도되도록 실질적으로 상호 인접하여 배치될 수 있다. 일부 경우에, 제 1 재료 플럭스와 제 2 재료 플럭스는 거의 동시에 제 1 측부 및 제 2 측부를 향해서 인도된다.
- [0068] 본 발명의 다른 양태는 가요성 기관에 인접하여 태양 전지 디바이스 구조물을 형성하기 위한 방법을 제공한다. 이 방법은 밀폐된 인클로저 내에 복수의 증착 챔버를 포함하는 증착 시스템을 제공하는 단계를 포함한다. 증착 시스템은 앞서 설명되거나 본 명세서의 어느 곳에서나 설명된 것일 수 있다. 예를 들어, 증착 시스템은 하나 이상의 타겟 재료의 재료 플럭스를 적어도 하나의 증착 챔버 내에 배치된 가요성 기관의 부분 쪽으로 인도하는 마그네트론 스퍼터링 장치를 구비하는 적어도 하나의 증착 챔버를 구비할 수 있다. 증착 시스템은 인클로저 내에 인출 롤러 및 권취 롤러를 포함한다. 인출 롤러는 가요성 기관을 제공한다.
- [0069] 다음으로, 가요성 기관에 인접하여 태양 전지 디바이스 구조물을 형성하기 위해 가요성 기관은 인출 롤러로부터 복수의 증착 챔버의 각각을 통해서 순차적으로 인도된다. 가요성 기관은 인출 롤러 및 권취 롤러의 회전

시에 복수의 증착 챔버의 각각을 통해서 인도될 수 있으며, 이는 하나 이상의 모터의 도움으로 촉진될 수 있고 컨트롤러(하기 참조)의 도움으로 조절될 수 있다. 가요성 기판은 복수의 증착 챔버로부터 권취 롤러로 인도된다.

- [0070] 일 예에서, 증착 시스템은 여섯 개의 증착 챔버, 증착 챔버의 상류의 인출 롤러, 및 증착 챔버의 하류의 권취 롤러를 포함한다. 가요성 기판은 인출 롤러로부터 각각의 개별 증착 챔버를 순차적으로 통해서 인도되고, 마지막 증착 챔버로부터 권취 롤러로 인도되며, 권취 롤러에서는 태양 전지 디바이스 구조물이 그 위에 형성된 가요성 기판이 수집된다.
- [0071] 일부 경우에, 가요성 기판은 복수의 증착 챔버의 제 1 증착 챔버와 제 2 증착 챔버 사이에 배치되는 적어도 하나의 롤러를 따라서 인도될 수 있다. 가요성 기판은 적어도 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 20, 30, 40, 50 또는 100 개의 롤러를 따라서 인도될 수 있다.
- [0072] 태양전지 제조 시스템은 다중 시스템을 구비할 수 있다. 각각의 시스템은 앞서 설명되거나 본 명세서의 어느 곳에서나 설명된 것일 수 있다. 소정의 PV 디바이스 구조물(예를 들면, 흡수재)을 형성하는데 사용하기 위해 소정의 시스템이 전용될 수 있다. 사용 중에, 사용자는 제 1 시스템 내에 가요성 기판을 포함하는 인출 롤러를 제공하고, 가요성 기판을 소정의 디바이스 구조물을 구비하고 가요성 기판을 권취 롤러 상에 수집하도록 처리하며, 제 1 시스템으로부터 권취 롤러를 제거하고, 권취 롤러를 추가 PV 처리를 위한 제 2 시스템의 인출 롤러로서 설치할 수 있다.
- [0073] PV 제조 시스템은 적어도 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 20, 30, 40 또는 50 개의 개별 시스템을 구비할 수 있으며, 각각의 개별 시스템은 본 명세서의 어느 곳에서나 설명되는 복수의 증착 챔버를 포함하는 인클로저를 포함한다.
- [0074] 이제 도면을 참조하며, 도면 전체에 걸쳐서 유사한 부분은 유사한 도면부호로 지칭된다. 도면(및 도면 중의 특징부)이 반드시 실제로 도시되지는 않음을 알 것이다.
- [0075] 증착 시스템(또는 기계)의 전체적인 3차원 사시도가 도 1에 도시되어 있다. 이 기계의 주 요소는 콘크리트 플로어 내에 타이 결합되는 무거운 골조(2)에 의해 수직 위치로 지지되는 대규모의 엄격하게 브레이스 결합된 스틸 백 플레이트(back plate)(1)를 구비한다. 코팅 설비, 기판의 롤, 및 기판 수송 장치는 모두 브레이스 결합된 백 플레이트 상에 장착된다. 대형 원통형 커버 인클로저(3)는 백 플레이트와 함께 진공 시일을 형성하지만, 타겟 변경, 기판 변경, 및 기타 정비 기능을 위해 롤 코팅 장치를 노출시키기 위해서 화살표 방향으로 굴러갈(세부 사항은 도시되지 않음) 수 있다. 대형 터보 분자 펌프(4)는 인클로저(3) 주위에 배치될 수 있다. 이들 펌프는 코팅 작업 중에 요구되는 높은 진공 레벨을 유지한다. 지지 구조물 주위에 배치되는 다양한 캐비닛은 진공 증착기 기능을 위해 요구되는 통상적인 설비를 수용한다. 이것은 몇 가지를 언급하자면 컴퓨터 및 제어 전자기기뿐 아니라 스퍼터링 전원, 펌프 컨트롤러, 및 웹 드라이브 컨트롤러를 구비한다. 스케일의 지표로서, 인클로저(3)는 약 13 피트(3.96 m)의 직경을 가지며, 그 길이는 약 1 미터의 웹 코팅 폭을 수용한다. 기계 설계는 근본적으로 미터 코팅 폭에 한정되지 않으며, 오히려 이것은 현재 적절한 금박 물질의 가장 폭넓은 이용 가능성이다.
- [0076] 도 2는 3차원 사시도로 도시한 도 1의 시스템의 단면도이다. 단면은 인클로저의 폐쇄 단부 근처에서 백 플레이트(1) 쪽을 바라보면서 인클로저(3)를 통해서 취한 것이다. 기계 내부의 여러가지 상세는 도면에 나타나 있다. 기계의 주요 부품의 일부는 쉽게 확인될 수 있다. 시스템의 상부 섹션은 가요성 포일 기판을 위한 대형 인출(또는 페이아웃) 롤(5) 및 권취(또는 픽업) 롤(6)을 포함한다. 롤(7)은 이를 요구할 수 있는 코팅 층을 보호하기 위해 기판 롤을 재료의 얇은 웹과 교호배치하는데 이용될 수 있다. 하부 섹션은 코팅 하드웨어 및 웹 핸들링 시스템의 부품을 포함한다. 도시된 예에서는 가이드 롤러(9) 사이에 여섯 개의 챔버(8)가 원형으로 배치되어 있다. 가이드 롤러(9)는 웹 수송 롤러일 수 있다. 이 도면에서 다른 가이드 롤러는 특정하게 부호로 표시되지 않는다. 각각의 챔버(8)는 소망의 또는 예정된 코팅을 생산하는 타겟 재료를 유지 및 스퍼터링하는 한 쌍의 회전식 마그네트론(10)을 포함한다. 다양한 챔버 내의 타겟 재료는 모두 유사할 수 있거나 적어도 일부가 다를 수 있다. 일부 경우에, 타겟 재료의 전부가 상이하다. 타겟 재료는 소정의 증착 챔버 내에서 상이할 수 있다. 따라서, 타겟 셋업에서의 이러한 유연성은 코팅 디자인에 있어서 상당한 선택가능한 변동을 제공한다.
- [0077] 태양전지 제조 시스템은 도 1 및 도 2에 도시된 것과 같은 다중 시스템을 구비할 수 있다. 개별 시스템은 태양 전지의 하나 이상의 재료 층을 증착하도록 구성될 수 있다. 예를 들어, 도 1 및 도 2의 시스템은 태양 전지의 흡수재 층 또는 스택을 형성하도록 구성될 수 있다.

- [0078] 도 3은 도 2의 주 요소를 표시하는 코팅 기계의 평면 단면도이다. 또한 이 도면에는 기계의 상부 섹션과 하부 섹션 사이에 상당한 증기 배리어를 형성하는 박판 금속 분할판(11)이 도시되어 있다. 보통 기관의 물은 가변적인 양의 증기 또는 기타 휘발성 재료를 포함할 수 있는데 이것은 코팅 구역을 오염시킬 수 있기 전에 진공에 노출되어 펌핑 제거되는 것이 최상이다. 이 도면에서의 다른 특징부는 각각의 챔버와 대향하는 기관의 뒷면과 대면하여 도시되는 장치(12)이다. 장치(12)는 그 특정 코팅 스테이션에서 기관 가열 또는 냉각을 제공할 수 있다. 기관 가열 및/또는 냉각은 복사식 열전달의 도움으로 이루어질 수 있다.
- [0079] 도 3을 여전히 참조하면, 웹 수송 레이아웃이 실선으로 도시되어 있는 바, 화살표는 웹(5a)과 그 수송 방향을 나타낸다. 기관의 대형 롤(5)은 화살표로 도시된 방향으로 인출한다. 보호성 간지(interleaf) 재료를 포함할 경우, 이 재료는 인출과 동시에 롤(7) 상에 권선된다. 웹은 한 쌍의 가이드 또는 아이들 롤러 주위로 진행하며 롤러(13)에 도달하기 전에 배리어(11) 아래를 통과하며, 이는 웹 내의 장력을 측정하기 위한 로드 셀을 구비할 수 있다. 그로부터 웹은 아이들 롤러(9) 세트 주위의 코팅 구역을 통해서 수송된다. 이 기계 스케일에서는 여섯 개의 코팅 스테이션이 존재하며, 이들 코팅 스테이션은 참조 편의상 웹 수송 방향으로 로마 숫자 I 내지 VI로 표기된다. 롤러(14)는 "S" 랩을 형성하기 위해 마지막 롤러(9)와 협력하여 사용될 수 있다. 이로 인해 롤러(14)는 적절한 취급을 위해 웹에 필요 장력을 생성하여 유지하도록 구동되기에 충분한 웹과의 마찰을 가질 수 있다. 여기에서부터 웹은 가이드 롤러 주위로 진행되어 권취 롤(6)에 도달하며, 여기에서는 필요할 경우 롤(7)로부터의 간지 층이 삽입될 수 있다. 웹 수송 시스템은 점선 도시된 수송 및 롤러 식별 라인으로 도시하듯이 완전히 역전될 수 있다. 코팅 구역은 여섯 개의 이중 회전식 마그네트론 스퍼터링 스테이션(I-VI)으로 구성되는 것으로 도시되어 있지만, 이것이 본 발명의 본질적 한계는 아니며, 오히려 기계의 크기와 회전식 마그네트론의 공통 산업 크기가 주어질 경우의 실제 구성이다. 소형 시스템은 보다 적은 수의 스퍼터링 스테이션을 가질 수 있고 대형 시스템은 보다 많은 수의 스퍼터링 스테이션을 가질 수 있다.
- [0080] 도 3에서의 롤러(9)의 배치는 각각의 스테이션에서의 코팅이 "자유 스패ن(free span)" 방식으로 제공될 수 있게 한다. 이 방법은 임의의 코팅 스테이션에서 웹(과 기관)의 독립적인 가열 또는 냉각이 이루어질 수 있게 할 수 있으며, 다른 웹 뒷면 작업도 달성될 수 있다. 자유 스패ن 설계는 태양 전지 코팅을 위해 사용될 수 있다. 일부 경우에는, 자유 스패ن 롤러 세트 대신에 보다 보편적인 드럼이 사용될 수 있다. 이 대안은, 일부 경우에, 코팅 공급원에 노출되는 동안 냉각 유지될 수 있는 폴리머 기관 상에 증착된 막에 적합할 수 있다. 드럼에 대해서는 이하에서 설명된다. 점선 원으로 도시된 예시적 증착 스테이션은 다음 도면에서 보다 상세히 설명되고 확대 도시된다.
- [0081] 도 4는 도 3에 도시된 통상적인 코팅 스테이션의 확대된 개략 단면도이다. 이 도면은 이중 회전식 마그네트론을 사용하여 순수 금속 또는 금속 합금을 스퍼터링하는 기본 작업을 위한 챔버 구조를 보다 상세히 도시한다. 태양(또는 솔라) 전지에 있어서, 단면도의 요소는 일반적으로, 1 미터 폭인 가요성 금속 웹 상의 증착에 적합한, 1 미터보다 약간 큰 길이를 갖는다. 현재, 적당한 표면 마감을 갖는 얇은 가요성 금속 웹은 보다 넓은 포맷으로 입수할 수 없지만, 근본적으로 기계의 폭은 1 미터로만 한정되지 않는다.
- [0082] 도 4를 참조하면, 챔버(8)는 비교적 두꺼운 스테인레스 스틸 판금으로 형성되는 부착된 인클로저(8b)를 갖는 두 개의 지지 바(8a)를 포함한다. 이 형태의 챔버 구조는 기능적으로 본 발명에 의해 요구되지 않지만, 도 2b에 도시된 것과 유사한 금속 판으로 제조된 대체 구조물보다 규모가 작다. 챔버 내부로부터 대형 진공 챔버로의 스퍼터링 가스의 전도율은 전도 리미터(8c)에 의해 규제된다. 이것들은 기관(5a)과 전도 리미터(8c) 사이에 작은 갭(15)을 생성하기 위해 슬롯형 구멍 내의 나사에 의해 조절 가능하다. 이 작은 갭의 폭은 공칭적으로, 그 스테이션에 대해 선택되는 특정 프로세스에 적절한 챔버 내의 스퍼터링 압력 및 가스 유량에 따라서, 수백분의 일 인치 내지 팔분의 일 인치 이상의 범위에 있다. 챔버는 외부에서 낮은 압력이 유지되는 동안 스퍼터링 구역에서 국소적으로 높은 압력을 가능하게 할 수 있다. 챔버는 또한, 인접한 스퍼터링 구역에서 다른 프로세스들이 실행될 수 있도록 챔버들 사이에 충분한 가스 분리를 제공한다. 교체가능한 실드(15a)는 높은 각도의 스퍼터링되는 플럭스를 수집하며, 이 플럭스는 수집되지 않을 경우 챔버의 보다 영구적인 부품을 코팅할 수 있다.
- [0083] 스퍼터링 가스(예를 들면, 아르곤)와 반응 가스는 그 길이를 따라서 모두 작은 구멍의 어레이를 갖는 두 개의 긴 튜브(16)를 통해서 챔버 내에 도입된다. 이들 가스는 화살표로 제시하듯이 회전식 마그네트론(10) 주위로 유동한다. 가스는 각각의 측부에서의 유동 제한기(17)와 마그네트론들 사이 중간의 유동 제한기(18)에 의해 마그네트론의 표면 근처를 이동하도록 만들어진다. 제한기는 알루미늄으로 제조될 수 있지만, 단면이 중실일 필요는 없다. 직류(DC) 전원을 사용하여 스퍼터링할 때, 이들 제한기는 마그네트론(10)에 의해 생성되는 플라즈마에 대한 전기 양극이 됨으로써 편리하게 임무를 배가시킬 수 있다.

- [0084] 회전식 마그네트론은 복수의 판매자로부터 구입될 수 있지만, 이것들은 모두 어떤 공통 기본 특징부를 공유한다. 예를 들어 마그네트론(10)은 타겟 재료(10a), 상기 타겟 재료를 보유하는 배킹 튜브(10b), 및 자기장(19)을 생성하기 위한 자기 어레이(10c)를 갖는다. 모놀리식 튜브 형태로 제조되기에 충분한 강도를 갖는 타겟 재료의 경우에 배킹 튜브는 제거될 수 있다. 자기장은 전자를 플라즈마에 폐입(trap)시키며 이는 플라즈마가 낮은 스퍼터링 압력으로 유지되게 할 수 있다. 자기 어레이는 기관에 대해 편리한 각도(θ)로 배향될 수 있다. 회전식 마그네트론은 또한 증가된 타겟 활용을 제공하는 자기 어레이의 구조 및 배향에 있어서 다양한 개선점을 가질 수 있다. 예시적 개선점은 미국 특허 출원 제12/753,814호 및 특허 협력 조약(PCT) 특허 출원 제PCT/US2011/030793호에 충실하게 기재되어 있으며, 각각의 문헌은 그 전체가 본 명세서에 참조로 인용된다.
- [0085] 도 4를 계속 참조하면, 도 3의 가열기 또는 냉각기(12)가 보다 상세하게 도시되어 있다. 여기에서 가열기로서 도시된 것은 열 절연체(22) 상에 유지된 열전도성 판(21)을 운반하는 지지 구조물(20)로 구성된다. 가열 기능은 클램프(24)에 의해 판에 유지되는 봉(rod) 가열기(23)에 의해 공급된다. 봉 가열기는 구조물을 기관 냉각 유닛으로 변환하기 위해 냉각수(도시되지 않음)를 운반하는 튜브에 의해 교체될 수 있다. 기관(5a)의 뒷면과 대면하는 판(21)의 표면은 기관이 코팅을 수용하기 위해 챔버 내의 개구를 통해서 수송될 때 판과 미끄럼 접촉을 유지하게 만들기 위해 약간 만곡된다. 미끄럼 접촉이 요구되지 않을 경우, 판의 표면은 평탄하게 만들어질 수 있고 기관으로부터 약간 이격되어 배치될 수 있다(도시되지 않음). 이 경우에, 기관 가열 또는 냉각은 복사 수송에 의해서만 이루어지지만, 많은 코팅을 위해서는 충분하다. 판(21)을 구성하는데 편리한 재료는 요구되는 최대 온도에 따라서 흑연과 알루미늄이다. 흑연은 진공 중에서 매우 높은 온도를 유지할 수 있는 반면에, 알루미늄은 섭씨 수백도로 제한된다. 예를 들어, 지지 구조물(20)은 복사 열전달만으로 더 높은 기관 온도를 달성하기 위해 반사 하우스 내에 석영 램프 어레이를 보유하도록 구성될 수 있다. 코팅 스테이션 사이에서 기관 온도를 유지하기 위해서는, 기관을 롤러(9)와 접촉하는 구역에서 가열하기 위해 유사한 튜브형 가열 요소(23)를 사용하는 공형(conformal) 가열기(25)가 사용될 수 있다. 기관의 뒷면에 코팅을 제공하기 위해 가열/냉각 유닛(12) 전체가 제거되고 마그네트론으로 교체될 수 있다.
- [0086] 전술했듯이, 도 4는 이중 회전식 마그네트론을 사용하는 챔버에 대한 기본적인 금속 또는 금속 합금 스퍼터링 셋업을 도시한다. 도 5는 태양 전지의 하나 이상의 재료 층을 스퍼터링하기 위한 또는 다른 코팅 적용을 위한 다른 유용한 구조를 도시한다. 도 5는 박막 태양 전지의 층들을 형성하기 위해 사용될 수 있지만, 도 5의 증착 챔버에 대한 다양한 구성, 수정 및 대안이 채용될 수 있다. 예를 들어, 아르곤 작업 가스와 함께 산소 또는 질소 가스를 구비함으로써 또는 분리 주입에 의해서 금속 또는 합금을 반응 스퍼터링하는 것은 일반적인 스퍼터링 기술이지만, 그 구성은 본 논의에서 명확히 검토되지 않는다.
- [0087] 도 5를 참조하면, 챔버(8)는 갈륨, 수은 또는 세슘과 같은 전도성 액체 금속(28)을 스퍼터링하도록 설계된 특수 수직 평판 마그네트론(27)을 보유하는 소형 챔버(26)를 구비하도록 수정될 수 있다. CIGS 태양 전지 적용에 있어서, 액체 금속(28)은 갈륨일 수 있으며, 이는 용융(또는 액체) 상태에 있도록 스퍼터링 조건에 의해 충분히 따뜻하게 유지될 수 있다. CIGS 적용에 있어서, 회전식 마그네트론 상의 타겟 재료(10a)는 인듐일 수 있다. 이것은 특히 유리한 트랜스퍼 스퍼터링 구조인데 그 이유는 인듐과 갈륨이 합금화-이전 타겟으로서 사용하기에 비실용적으로 만드는 저온 공정(eutectic)을 형성하기 때문이다. 이 스퍼터링 구성은 도 3에 도시된 여섯 개의 스퍼터링 스테이션 중 임의의 스테이션에서 두 개의 마그네트론의 하부에서 실행될 수 있으며, 두 개의 하부 스테이션 상의 양 마그네트론 상에 제공될 수 있다. 이 트랜스퍼 스퍼터링 구성의 사용의 특정 상세 및 예시적 장점은, 본 명세서에 그 전체가 참조로 인용되는 PCT/US2012/050418호에 기재되어 있다.
- [0088] 도 5를 여전히 참조하면, 특정 코팅이 요구할 경우에 회전식 마그네트론의 어느 하나 또는 양자는 종래의 평판 마그네트론(29)으로 교체될 수 있다. 이 상황은 소정 재료가 회전식 마그네트론에 사용하기 위한 튜브형 형태로 제조될 수 없을 때 또는 엄청나게 비싼 비용으로 제조될 수 있을 때 제거될 수 있다. 일 예로서, CIGS 태양 전지의 증착에 있어서, 얇은 버퍼 층은 대개 CdS(황화 카드뮴)로 구성되는데, 이는 회전식 마그네트론 형태에서는 이용될 수 없지만 평판 마그네트론을 사용하여 스퍼터링될 수 있다.
- [0089] 도 5에 도시된 제 3 챔버 구조는 반응 코팅을 생성하기 위해 스퍼터링 플럭스에 증기를 추가하기 위한 장치이다. 이는 셀레늄 또는 황(31)과 같은 재료를 가열하기 위한 용기를 나타내는 점선 도시되고 크로스-해칭된 요소(30), 및 증기 분배 시스템(32)을 포함한다. 이 용기는 도면의 잔여부의 단면의 부분이 아니며, 오히려 챔버의 일 단부에 배치된다. 증기는 계량 밸브(도시되지 않음)를 통해서 증기 분배 시스템으로 유동하며, 증기 분배 시스템은 증기를 일련의 개구를 통해서 마그네트론 사이의 팽창 챔버(34) 내로 인도하고 이후 스퍼터링 플라즈마 지역으로 인도하는 선행 챔버(33)로 구성된다. 증기 분배 시스템(32)은 열전도 재료로

구성되며, 시스템은 다른 가열 위치에 기재된 것과 유사한 튜브형 가열 요소(23)에 의해 증기 응축을 방지하기에 충분히 높게 유지된다.

[0090] 도 6은 보편적인 코팅 드럼과 함께 사용될 때의 도 5의 챔버 구조를 도시한다. 도 5에 도시된 롤러(9), 가열/냉각 유닛(12), 및 공형 가열기(25)가 제거되고 드럼(35)의 세그먼트로 교체된다. 드럼은 유체를 가열 또는 냉각하기 위해 사용될 수 있는 공간(35c)을 사이에 갖는 내벽(35a) 및 외벽(35b)으로 구성될 수 있다. 대안적으로, 드럼은 중실형일 수 있으며(냉각이 필요하지 않을 경우) 내부 램프(도시되지 않음)에 의해 가열될 수 있다. 기관(5a)은 이제 롤러 사이에 자유 스펠되기보다는 드럼 외벽(35b)의 표면 상에 지지된다. 이러한 경우에, 전도 제한기(8c)는 드럼 곡률에 일치하도록 형상이 변경되며, 가변적인 균일 전도 겹(15)을 생성한다. 도 6의 다른 요소들은 모두 도 5의 요소와 동일하며 특정하게 라벨 표시되지 않는다. 본 명세서의 다른 곳에서 논의하듯이, 드럼은 가열에 취약할 수 있기 때문에 폴리머 재료로 형성된 기관을 코팅하기 위해 사용될 수 있다. 투명 폴리에틸렌 테레프탈레이트(PET) 형태의 기관 상에 코팅된 광학 필름이 코팅 드럼에 대한 적절한 사용의 일 예일 수 있다. 이러한 필름은 태양 전지 성능을 향상시키기 위한 반사방지 층으로서의 용도를 가질 수 있거나, 솔라 모듈 내의 글래스를 교체하기 위한 방습 필름으로서 작용할 수 있다.

[0091] 기계 구조의 드럼(스테이션 I, II, III) 버전 및 자유 스펠(스테이션 IV, V, VI) 버전 양자에 대한 챔버 구성의 몇 가지 예가 도 7에 도시되어 있다. 구성 예는 랜덤하게 배치되며, 프로세스에 대한 임의의 관계를 암시하지는 않는다. 도면 복잡성을 감소시키기 위해, 챔버 구성은 도 4, 도 5 및 도 6에 도시된 버전의 보다 상세한 설명의 단순화된 버전(예를 들면, 도 3에서와 같은)으로 표시되지만, 주요 요소는 보다 상세한 도면을 다시 참조하는 참조 부호로 쉽게 식별된다. 도면의 우측은 얇은 가요성 금속 포일과 같은, 고탄성을 및 고온 내성 기관에 채용될 수 있는 자유 스펠 기계 구성을 도시한다. 이는 또한 단일의 회전식 마그네트론(10)이 구비된 소형 챔버(35)가 기관의 뒷면 상의 코팅이 가능하도록 가열기/냉각기 유닛을 대체할 수 있음을 도시한다. 이 구성은 본 명세서에 기재된 코팅 스테이션들 중 임의의 것으로 교체되거나 수정될 수 있다. 좌측은 저장도 및/또는 저온 내성 폴리머 기관을 코팅하는데 유용할 수 있는 통상의 코팅 드럼 구성을 도시한다. 임의의 회전식 마그네트론은, 회전 가능한 포맷으로 이용될 수 없는 특정 재료가 필요할 수 있는 통상의 평판 마그네트론으로 교체될 수 있다.

[0092] 컨트롤러

[0093] 본 발명의 시스템 및 방법은 컴퓨터 시스템의 도움으로 수행될 수 있다. 시스템은 하나 이상의 증착 시스템을 포함하는 인클로저, 및 펌핑 시스템을 구비할 수 있다. 컴퓨터 시스템(또는 컨트롤러)은 시스템에 결합될 수 있다. 컴퓨터 시스템은 태양 전지를 형성하기 위한 방법을 수행하는 기계 관독 가능한 코드를 실행하기 위한 컴퓨터 프로세서(본 명세서에서는 "프로세서"로도 지칭됨)를 구비할 수 있다. 코드는 본 명세서에 제공되는 방법들 중 임의의 방법을 수행할 수 있다.

[0094] 컨트롤러는 시스템의 다양한 부품에 결합될 수 있다. 예를 들어, 컨트롤러는 하나 이상의 증착 시스템의 마그네트론 스퍼터링 장치를 구비하는, 하나 이상의 증착 시스템과 통신할 수 있다. 다른 예로서, 컨트롤러는 펌핑 시스템과 통신할 수 있으며, 이는 컨트롤러가 인클로저의 압력을 조절할 수 있게 한다.

[0095] 컨트롤러는 기관 온도, 전구체 유량, 성장율, 캐리어 가스 유량, 증착 챔버 압력 및 마그네트론 파워와 같은 하나 이상의 처리 파라미터를 조절하도록 프로그래밍되거나 구성될 수 있다. 일부 경우에 컨트롤러는 증착 챔버의 단수 또는 복수의 밸브와 통신하며, 이는 증착 챔버 내에서의 전구체 유동을 종료(또는 조절)하는데 도움이 된다. 컨트롤러는 본 명세서에 제공되는 방법을 수행하도록 구성되는 기계-실행 가능한 코드를 실행하는데 도움이 되도록 구성된 프로세서를 구비한다. 기계-실행 가능한 코드는 플래시 메모리, 하드 디스크와 같은 물리적 저장 매체, 또는 컴퓨터-실행 가능한 코드를 저장하도록 구성된 기타 물리적 저장 매체에 저장된다.

[0096] 컨트롤러는 하나 이상의 처리 파라미터를 조절하도록 프로그래밍되거나 구성될 수 있다. 일부 상황에서, 컨트롤러는 성장 온도, 캐리어 가스 유량, 전구체 유량, 광기전 재료 층 성장율, 및 성장 압력 중 하나 이상을 조절한다. 성장율은 예를 들어, 기관 인출 및 갠신 롤[예를 들면, 도 2의 롤(5, 6)]이 회전하는 속도에 종속될 수 있는, 기관의 일부가 증착 챔버를 통해서 인도되는 속도를 제어함으로써 조절될 수 있다.

[0097] 예를 들어, 도 1의 시스템은 기관 온도, 전구체 유량, 마그네트론 스퍼터링 작업(예를 들면, 마그네트론 파워), RF 파워, 가열기 파워, 성장율, 캐리어 가스 유량, 인클로저 내의 압력, 개별 증착 챔버 내의 압력, 인출 롤러가 회전하는 속도, 및 권취 롤러가 회전하는 속도와 같은, 시스템의 하나 이상의 처리 파라미터를 조절하도록 프로그래밍되거나 구성되는 컨트롤러(또는 제어 시스템)를 구비할 수 있다. 컨트롤러는 모듈, 모

들 사이의 밸브, 전구체 밸브, 시스템의 펌핑 시스템(도시되지 않음)을 비제한적으로 포함하는, 시스템의 다양한 부품과 통신할 수 있다. 컨트롤러는 앞에서 제공되고 본 명세서의 다른 곳에 제공되는 방법을 수행하도록 구성되는 기계-실행 가능한 코드를 실행하는데 도움이 되도록 구성된 프로세서를 구비한다. 기계-실행 가능한 코드는 플래시 메모리, 하드 디스크와 같은 물리적 저장 매체(도시되지 않음), 또는 컴퓨터-실행 가능한 코드를 저장하도록 구성된 기타 물리적 저장 매체에 저장된다.

[0098] 도 14는 본 발명의 PV 전지의 형성을 촉진하도록 프로그래밍되거나 구성된 컴퓨터 시스템(본 명세서에서 "컨트롤러"로도 지칭됨)(1401)의 개략도이다. 컴퓨터 시스템(1401)은 본 명세서에 기재된 방법을 수행하도록 프로그래밍되거나 구성될 수 있다. 컴퓨터 시스템(1401)은 싱글 코어 또는 멀티 코어 프로세서, 또는 병렬 처리용 복수의 프로세서일 수 있는 중앙처리장치(CPU, 본 명세서에서 "프로세서" 및 "컴퓨터 프로세서"로도 지칭됨)를 구비한다. 컴퓨터 시스템(1401)은 또한 메모리(1410)(예를 들면, 랜덤-액세스 메모리, 리드-온리 메모리, 플래시 메모리), 전자 저장 유닛(1415)(예를 들면, 하드 디스크), 하나 이상의 다른 컴퓨터 시스템과 통신하기 위한 통신 인터페이스(1420)(예를 들면, 네트워크 어댑터), 및 캐쉬, 기타 메모리, 데이터 스토리지 및/또는 전자 디스플레이 어댑터와 같은 주변 기기(1425)를 구비한다. 메모리(1410), 저장 유닛(1415), 인터페이스(1420) 및 주변 기기(1425)는 머더보드와 같은 통신 버스(실선)를 통해서 CPU(1405)와 통신한다. 저장 유닛(1415)은 데이터를 저장하기 위한 데이터 저장 유닛(또는 데이터 저장소)일 수 있다. 컴퓨터 시스템(1401)은 통신 인터페이스(1420)의 도움으로 컴퓨터 네트워크("네트워크")(1430)에 작동적으로 결합된다. 네트워크(1430)는 인터넷, 인터넷 및/또는 엑스트라넷, 또는 인터넷과 통신하는 인트라넷 및/또는 엑스트라넷일 수 있다. 네트워크(1430)는 일부 경우에 통신 및/또는 데이터 네트워크이다. 네트워크(1430)는 클라우드 컴퓨팅과 같은 분산 컴퓨팅을 가능하게 할 수 있는 하나 이상의 컴퓨터 서버를 구비할 수 있다. 네트워크(1430)는 일부 경우에, 컴퓨터 시스템(1401)의 도움으로, 컴퓨터 시스템(1401)에 결합된 디바이스가 클라이언트 또는 서버로서 거동할 수 있게 하는 피어-투-피어(peer-to-peer) 네트워크를 수행할 수 있다.

[0099] 컴퓨터 시스템(1401)은 본 발명의 태양 전지의 하나 이상의 부품(예를 들면, 흡수재, 후면 전극, 전면 전극)을 형성하기 위해 처리 시스템(1435)과 통신한다. 처리 시스템(1435)은 예를 들어 하나 이상의 흡수재 층 형성과 같은, 처리 시스템(1435)에서 기관에 인접하여 하나 이상의 PV 전지 부품 구조물을 형성하기 위한 다양한 작업을 수행하도록 구성될 수 있다. 처리 시스템(1435)은 네트워크(1430)를 통해서 또는 직접(예를 들면, 유선, 무선) 연결에 의해 컴퓨터 시스템(1401)과 통신할 수 있다. 일 예에서, 처리 시스템(1435)은 도 1과 관련하여 기술한 시스템이다.

[0100] 본 명세서에 기재된 방법은, 컴퓨터 시스템(1401)의 전자 저장 위치에, 예를 들어 메모리(1410) 또는 전자 저장 유닛(1415)에 저장된 기계(또는 컴퓨터 프로세서) 실행 가능한 코드에 의해 수행될 수 있다. 사용 중에, 코드는 프로세서(1405)에 의해 실행될 수 있다. 일부 예에서, 코드는 저장 유닛(1415)으로부터 독출될 수 있으며, 프로세서(1405)에 의한 용이한 액세스를 위해 메모리(1410)에 저장될 수 있다. 일부 상황에서, 전자 저장 유닛(1415)은 배제될 수 있으며, 기계-실행 가능한 지령이 메모리(1410)에 저장된다.

[0101] 코드는 이 코드를 실행하도록 구성된 프로세서를 갖는 기계에 사용하도록 예비-컴파일링 및 구성될 수 있거나, 런타임 중에 컴파일링될 수 있다. 코드는 이 코드가 예비 컴파일링되거나 애즈-컴파일링되는 방식으로 실행 가능하도록 선택될 수 있는 프로그래밍 언어로 공급될 수 있다.

[0102] 본 명세서에 제공되는 시스템 및 방법의 양태는 프로그래밍 시에 구체화될 수 있다. 기술의 다양한 양태는, 통상 기계 판독 가능한 매체에 기억되거나 구체화되는 기계(또는 프로세서) 실행 가능한 코드 및/또는 연관 데이터 형태인 "제품" 또는 "제조 물품"으로 생각될 수 있다. 기계-실행 가능한 코드는 메모리(예를 들면, 리드-온리 메모리, 랜덤-액세스 메모리, 플래시 메모리) 또는 하드 디스크와 같은 전자 저장 유닛에 저장될 수 있다. "스토리지"형 매체는 컴퓨터의 유형 메모리, 프로세서 등, 또는 그 관련 모듈, 예를 들면 소프트웨어 프로그래밍을 위해 언제라도 비일과성 저장을 제공할 수 있는 다양한 반도체 메모리, 테이프 드라이브, 디스크 드라이브 등의 일부 또는 전부를 구비할 수 있다. 소프트웨어의 전부 또는 일부는 때때로 인터넷 또는 각종 기타 통신 네트워크를 통해서 통신할 수 있다. 이러한 통신은 예를 들어, 하나의 컴퓨터 또는 프로세서로부터 다른 것으로, 예를 들어 관리 서버 또는 호스트 컴퓨터로부터 애플리케이션 서버의 컴퓨터 플랫폼으로, 소프트웨어 로딩을 가능하게 할 수 있다. 따라서, 소프트웨어 요소를 책임질 수 있는 다른 형태의 매체는, 로컬 디바이스 사이의 물리적 인터페이스를 가로질러, 유선 및 광학 지상통신 네트워크를 통해서, 및 다양한 에어-링크를 통해서 사용되는 것과 같은 광파, 전기파, 전자기파를 포함한다. 이러한 파(wave)를 전송하는 물리적 요소, 예를 들면 유선 또는 무선 링크, 광학 링크 등도 소프트웨어를 책임지는 매체로서 간주될 수 있다. 본 명세서에 사용될 때, 비일과성 유형 "저장" 매체로 한정되지 않으면, 컴퓨터 또는 기계 "판

독 가능한 매체"와 같은 용어는 실행을 위해 프로세서에 지령을 내리는데 관여하는 임의의 매체를 지칭한다.

[0103] 따라서, 컴퓨터-실행 가능한 코드와 같은 기계 판독 가능한 매체는 유형 저장 매체, 반송파 매체 또는 물리적 전달 매체를 포함하지만 이것에 한정되지는 않는 여러가지 형태를 취할 수 있다. 비휘발성 저장 매체는 예를 들어, 도면에 도시된 데이터베이스 등을 수행하기 위해 사용될 수 있는 것과 같은, 임의의 컴퓨터 등에서의 저장 장치 중 어느 하나와 같은 광학 또는 자기 디스크를 구비한다. 비휘발성 저장 매체는 이러한 컴퓨터 플랫폼의 메인 메모리와 같은 동적 메모리를 구비한다. 유형 전달 매체는 컴퓨터 시스템 내에 버스를 포함하는 와이어를 포함하는, 동축 케이블, 구리선 및 광섬유를 포함한다. 반송파 전달 매체는 무선 주파수(RF) 및 적외선(IR) 데이터 통신 도중에 발생하는 것과 같은 전기 또는 전자기 신호, 또는 음파 또는 광파의 형태를 취할 수 있다. 따라서 컴퓨터-판독 가능한 매체의 보편적인 형태는 예를 들어: 플로피 디스크, 플렉시블 디스크, 하드 디스크, 마그네틱 테이프, 임의의 기타 자기 매체, CD-ROM, DVD 또는 DVD-ROM, 임의의 기타 광학 매체, 펀치 카드 종이 테이프, 구멍 패턴을 갖는 임의의 기타 물리적 저장 매체, RAM, ROM, PROM 및 EPROM, FLASH-EPROM, 임의의 기타 메모리 칩 또는 카트리지, 반송파 수송 데이터 또는 지령, 이러한 반송파를 수송하는 케이블 또는 링크, 또는 컴퓨터가 그로부터 프로그래밍 코드 및/또는 데이터를 판독할 수 있는 기타 매체를 포함한다. 이들 형태의 컴퓨터 판독 가능한 매체의 다수는 하나 이상의 지령의 하나 이상의 시퀀스를 실행시키기 위해 프로세서에 반송하는데 관여할 수 있다.

[0104] [예]

[0105] 예 1 - CIGS용 후면 전극 층

[0106] 얇은 스테인레스 스틸(SS) 포일의 웹 상에 CIGS 태양 전지용 후면 전극 층을 코팅하기 위한 기계 구성이 도 8에 도시되어 있다. 이 예는 몰리브덴 후면 전극을 채용하지만, 텅스텐 및 니오브와 같은 다른 재료가 사용될 수도 있다.

[0107] 일부 기관은 진공중 표면 처리에 의해 개선될 수 있다. 하나의 이러한 처리는 이물질을 제거하거나, 위상을 낮추거나, 얇은 산화물 생성층을 제거하기 위한 포일 표면의 스퍼터 에칭일 수 있다. 도 8은 웹의 자유 스핀 상류 부분에 설치된 소형 보조 챔버(37)를 도시한다. 이 챔버는 보다 효과적인 에칭을 제공하고 에칭 제거된 잔해를 캐칭 실드(37b) 쪽으로 인도하여 이온 총(ion gun) 자체 상의 증착을 감소시키기 위해 기관에 대해 경사져 배치되는 이온 총(37a)을 수용한다. 이온 총에는 작업 가스로서 아르곤(또는 예를 들어 He와 같은 기타 비활성 가스)이 공급되며, 그 압력은 챔버(37)의 외부보다 챔버(37) 내에서 더 높다.

[0108] 도 8을 여전히 참조하면, 웹은 챔버(37)를 빠져나오고 코팅 스테이션(I) 상으로 계속된다. 접착 촉진 층뿐 아니라 기관으로부터 철의 일체의 확산을 차단하는데 도움을 주는 층으로서 작용하도록 크롬, 티탄, 또는 기타 반응 금속의 얇은 층을 기관 상에 또는 기관에 인접하여 증착하기 위해 제 1 세트의 듀얼 마그네트론이 사용될 수 있다. 스테이션(II 내지 VI)은 몰리브덴 층을 증착하기 위해 사용될 수 있지만, 철의 이동을 차단하는데 역시 도움이 되는 조성 경계 또는 인터페이스를 생성하기 위해 다른 재료의 중간 층(예를 들면 스테이션 IV에서)이 사용될 수 있다. PV 모듈 내의 인접한 태양 전지 사이의 전기 접속성을 가능하게 하는 등의 다양한 기능을 수행하도록 후면 코팅을 제공하기 위해 단일 마그네트론을 갖는 소형 챔버(36)가 복수의 스테이션 중의 임의의 스테이션에 배치될 수 있다.

[0109] 예 2 - CIGS용 흡수재 층

[0110] 도 9는 CIGS 전구체 층을 증착하기 위한 시스템을 도시한다. 각각의 코팅 스테이션은 층의 증착 중에 기화 셀레늄을 제공할 수 있는 증기 공급원(30)을 구비한 것으로 도시되어 있다. 타겟 재료는 구리, 인듐 및 갈륨을 포함하지만, 여러가지 구성이 가능하다. 예를 들어, 각각의 코팅 스테이션에서의 두 개의 마그네트론은 인듐 타겟을 갖는 마그네트론과 구리/갈륨 합금 타겟을 갖는 마그네트론을 가질 수 있는 바, 즉 각각의 스테이션은 동일하다. 대안적으로, 타겟의 조성은 스테이션마다 달라질 수 있다. 다른 구성에서는, 임의의 스테이션에서의 양 타겟이 동일할 수도 있다. 또한, 구리/갈륨 합금 타겟의 임의의 것은 순수 구리 타겟으로 교체될 수 있으며, 갈륨은 도 5의 공급원(27)에 의해 도시되는 그 액상으로부터 구리 또는 인듐 타겟 상으로 스퍼터링된다.

[0111] CIGS 태양 전지는 나트륨을 0.1 % 정도의 소량 추가하는 것에서 이득을 얻을 수 있다. 일부 경우에, 소량의 나트륨이, 기관에 인접한 성장 CIGS 흡수재 내에서의 최종 증착을 위해서, 하나 이상의 CIGS 타겟 내에 원자 나트륨 형태 또는 나트륨을 포함하는 화합물(예를 들면, NaF, NaSe, NaS 등) 형태로 제공될 수 있다. 그러나, 이는 또한 몰리브덴 후면 전극에 포함될 수 있으며, 여기에서 CIGS 내로 확산될 수 있다. 다른 대안

은 도 8에 도시된 챔버(37)에 수용된 평판 마그네트론으로부터의 스퍼터링에 의해 나트륨 복합층을 증착하는 것이다. 챔버(37)는 또한 나트륨 화합물의 층을 증발에 의해 증착하기 위한 설비를 수용하기 위해 사용될 수 있다. 나트륨 화합물은 챔버(37)를 도 8에 도시된 것과 대칭적인 위치에 배치함으로써 폴리브덴 후면 전극 층 상에 또는 CIGS 층의 상부에 증착될 수 있다.

[0112] 예 3 - CIGS용 스퍼터링된 접합층

[0113] 실험실에서 생산된 최고 효율 CIGS 태양 전지는 접합층으로서 황화 카드뮴(CdS)의 화학 배쓰 증착을 사용했지만; 상업적 CIGS 모듈도 황화 아연(ZnS) 및 황화 인듐(In₂S₃)의 화학적으로 증착된 접합층을 갖는 전지를 사용했다. 스퍼터링에 의해 접합층을 생산할 수 있으며, 도 10은 본 출원의 시스템 구성을 도시한다. 기계의 좌측(스테이션 I 내지 III)은 CdS 평판 타겟의 평판 마그네트론 스퍼터링을 도시한다. 순수 CdS는 고저항성이며, 무선 주파수(RF) 에너지로 스퍼터링될 수 있지만, 금속 도핑되거나 오프 화학량론 버전은 교류(AC) 전력으로 스퍼터링될 수 있다. 스테이션(IV 내지 VI)은 반응 ZnS 또는 In₂S₃ 접합층의 스퍼터링을 허용할 수 있는 방식으로 구성된 것으로 도시되어 있다. 회전 가능한 타겟은 아연 금속이거나 인듐 금속이며, 이들 타겟은 공급원(30)에 의해 제공되는 황 증기의 존재 하에 스퍼터링된다. 일부 프로세스에서는, 내인성 또는 고저항성 산화아연(iZnO)의 박층이 접합층의 상부에 증착된다. 고저항성 평판 산화아연 타겟은 이 목적을 위해서 (CdS와 같이) 무선 주파수(RF) 스퍼터링될 수 있거나, 약간 도핑된 산화아연은 고저항성 화학량론을 회복하기 위해 소량의 산소의 존재 하에 AC로 스퍼터링될 수 있다.

[0114] 예 4 - CIGS용 스퍼터링된 투명 상부 전극

[0115] 보편적인 실리콘 태양 전지와 달리, 박막 전지는 스퍼터링에 의해 거의 항상 증착되는 투명 상부 전극을 필요로 한다. 인듐 주석 산화물(ITO) 및 알루미늄이 도핑된 아연 산화물(AZO)은 이 목적을 위해서 사용될 수 있는 두 개의 재료이다. 양 재료는 회전 가능한 포맷으로 제공될 수 있으며, 양 재료는 직류(DC), 펄스형 DC, 또는 AC 파워에 의한 스퍼터링에 충분히 전도적이다. 도 11은 투명 상부 전극의 스퍼터 증착을 위한 시스템을 도시한다. 이것은, 이온 에칭이 전혀 없고 타겟이 금속 대신에 전도성 산화물, ITO 및/또는 AZO인 것을 제외하고, 후면 전극을 스퍼터링하기 위한 구성과 매우 유사하다. AC 또는 펄스형 DC 모드는 일부 경우에 아크방전의 제어로 인해 유리하게 장기 프로세스 안정성을 제공할 수 있다. 스퍼터링 중에 플라즈마에 소량의 산소를 추가함으로써 AZO 타겟을 사용하여 iZnO형 층을 제조하는 것도 가능하다. 이것은 이전 예에서 설명된 RF에 의한 iZnO 스퍼터링 대신에 사용될 수 있다. 또한, 전술한 선택된 위치에서 또는 다른 곳에서 단일 마그네트론 챔버(35)를 사용하여 후면 코팅이 형성될 수 있다.

[0116] 공급자는 유리만큼 매끄럽고 표면 결함이 없는 스테인레스 스틸 포일 기관을 제공하지 못할 수도 있다. 그 결과, 가요성 스테인레스 스틸 웹 상에 제조된 박막 태양 전지는 제조 환경에서 채용될 수 있는 복수의 전기 결함을 가질 수 있다. 웹의 코팅 측부를 터치하는 웹 코팅 기계 내의 수송 롤러는 슬라이딩 및 스크래칭으로 인해서 또는 입자들을 코팅 내로 간단히 으깨넣음으로써 복수의 결함을 유도할 수 있다. 도 12는 웹의 코팅된 측부와 수송 롤러 접촉이 없이 코팅이 달성될 수 있게 하는 기계 구성을 도시한다. 코팅 스테이션은 더 개방된 원호를 형성하도록 재구성된다. 기본적으로 스테이션(III, IV)은 쌍(I, II, V, VI)이 하향 이동되는 동안 변화되지 않는다. 롤러(38a, 38b)는 롤러(9) 상의 작은 랩 각도가 가능하도록 기계의 중심을 향해서 약간 이동된다. 롤러(9) 상의 랩 각도는 약 20°, 15°, 10°, 9°, 8°, 7°, 6°, 5°, 4°, 3°, 2° 또는 1° 이하일 수 있다. 롤러(39a, 39b) 상의 랩 각도는 로드 셀 센서와 웹 속도 센서 양자를 구비할 수 있도록 이 이동에 의해 약간 증가된다. 롤러(39a, 39b) 상의 랩 각도는 약 10°, 20°, 30°, 40° 또는 45° 이상일 수 있다. 웹 장력 및 속도 정보는 피드백 웹 수송 제어를 위해 기관 롤(5, 6) 상의 드라이브에 공급된다. 롤러(39a, 39b) 상의 웹 슬립 기회는 예를 들어 그 전체가 본 명세서에 참조로 인용되는 PCT/US2012/052159호에 기재된 자기 강화된(magnetically enhanced) 롤러와 같은 자기 강화된 롤러의 사용에 의해 작은 랩 각도에서도 크게 감소된다.

[0117] 일부 경우에는, 코팅이 적용된 후에, 예를 들면 최종 상부 투명 전극이 증착된 후에, 롤러가 웹의 코팅된 측부와 접촉하는 것이 허용될 수 있다. 도 13은 기관에 인접하여 코팅이 적용된 후에 롤러가 웹의 코팅된 측부와 접촉하는 혼성 시스템을 개략 도시한다. 좌측에서의 구성은 도 12에 도시된 것과 동일하지만, 우측에서의 구성은 롤러(14)를 사용하는 "S" 랩 드라이브를 갖는 이전 표준 구성과 유사하다. 기관의 코팅된 측부는 롤러(14)와 접촉하게 된다. 도 13의 구성은 마찰계수가 매우 낮은 비자기 포일 또는 폴리머 기관이 감지 롤러(39a)와 함께 사용되는 경우에 사용될 수 있다.

[0118] 본 발명의 장치, 시스템 및 방법은 Pinarbasi 등의 미국 특허 제8,207,012호, Barnett 등의 미국 특허 제

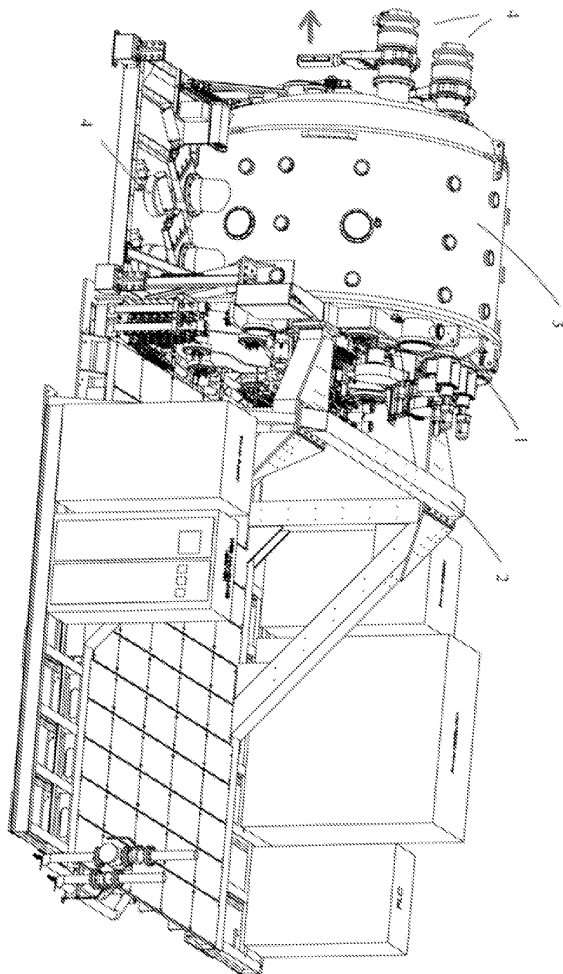
4,318,938호, Hollars의 미국 특허 제6,974,976호, Matsuda 등의 미국 특허 제5,571,749호, Wendt 등의 미국 특허 제6,310,281호 및 제6,372,538호, Chahroudi의 미국 특허 제4,298,444호, Pinarbasi 등의 미국 특허 공개 제2010/0140078호, 및 Nguyen 등의 미국 특허 공개 제2012/0006398호에 기재된 장치, 시스템 및/또는 방법과 같은 다른 장치, 시스템 및 방법과 조합되거나 그것에 의해 수정될 수 있으며, 상기 문헌의 각각은 그 전체가 본 명세서에 참조로 인용된다.

[0119] 문맥상 명백히 다른 의미로 해석될 경우를 제외하고, 명세서와 청구범위 전체에 걸쳐서, 단수 또는 복수를 사용하는 단어는 또한 각각 복수 또는 단수를 포함한다. 또한, '본 명세서에서', '이하에서', '이상', '이하'의 단어 및 유사하게 중요한 단어는 본 출원을 전체적으로 지칭하며 본 출원의 어떤 특정한 부분을 지칭하지 않는다. 둘 이상의 항목의 리스트와 관련하여 단어 '또는'이 사용될 때, 이 단어는 그 단어의 하기 해석의 전부를 커버한다: 리스트 내의 항목의 임의의 것, 리스트 내의 항목의 전부, 및 리스트 내의 항목의 임의의 조합.

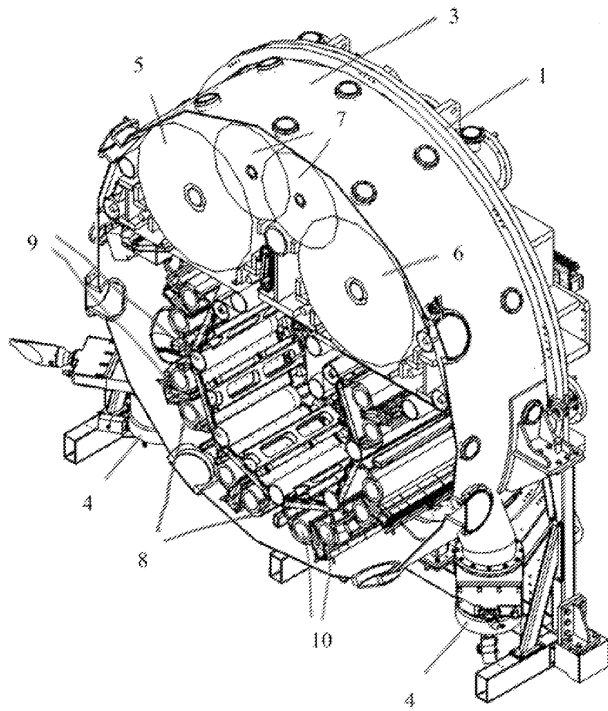
[0120] 특정 실시예를 설명했지만, 그에 대한 다양한 수정이 이루어질 수 있으며 본 명세서에서 숙고되는 것을 이상으로부터 알아야 한다. 본 발명의 일 양태의 실시예는 본 발명의 다른 양태의 실시예와 조합되거나 그것에 의해 수정될 수 있다. 본 발명은 명세서 내에 제공된 특정 예에 의해 제한되도록 의도되지 않는다. 본 발명을 상기 명세서를 참조하여 설명했지만, 본 발명의 실시예의 설명과 도시는 제한적 의미로 간주되도록 의도되지 않는다. 또한, 본 발명의 모든 양태는 다양한 조건 및 변수에 종속되는 본 명세서에 제시된 특정 묘사, 구성 또는 상대 비율에 제한되지 않음을 알아야 한다. 본 발명의 실시예의 형태 및 상세의 다양한 수정은 당업자에게 자명할 것이다. 따라서, 본 발명은 또한 임의의 이러한 수정, 변경 및 등가물을 커버해야 하는 것이 고려된다.

도면

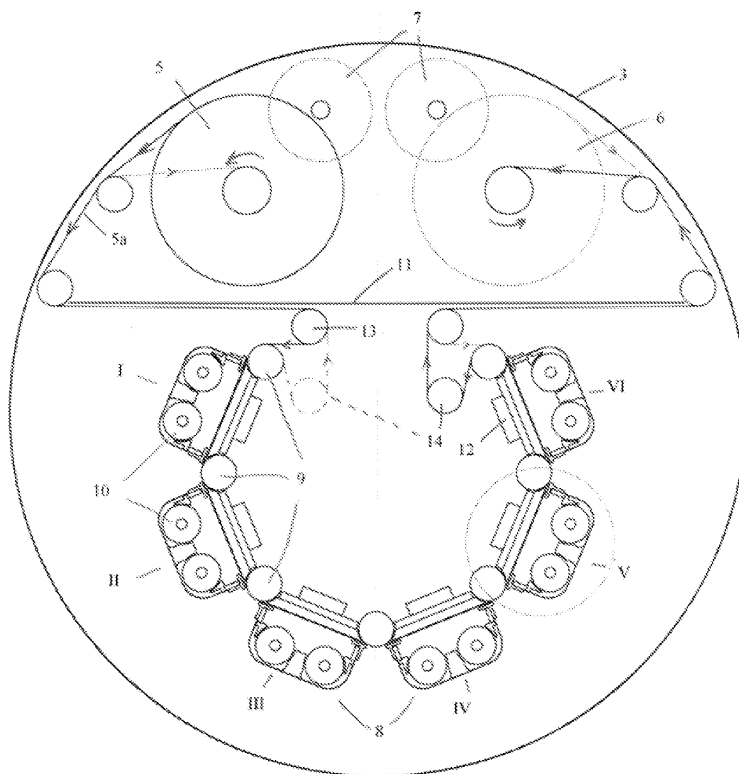
도면1



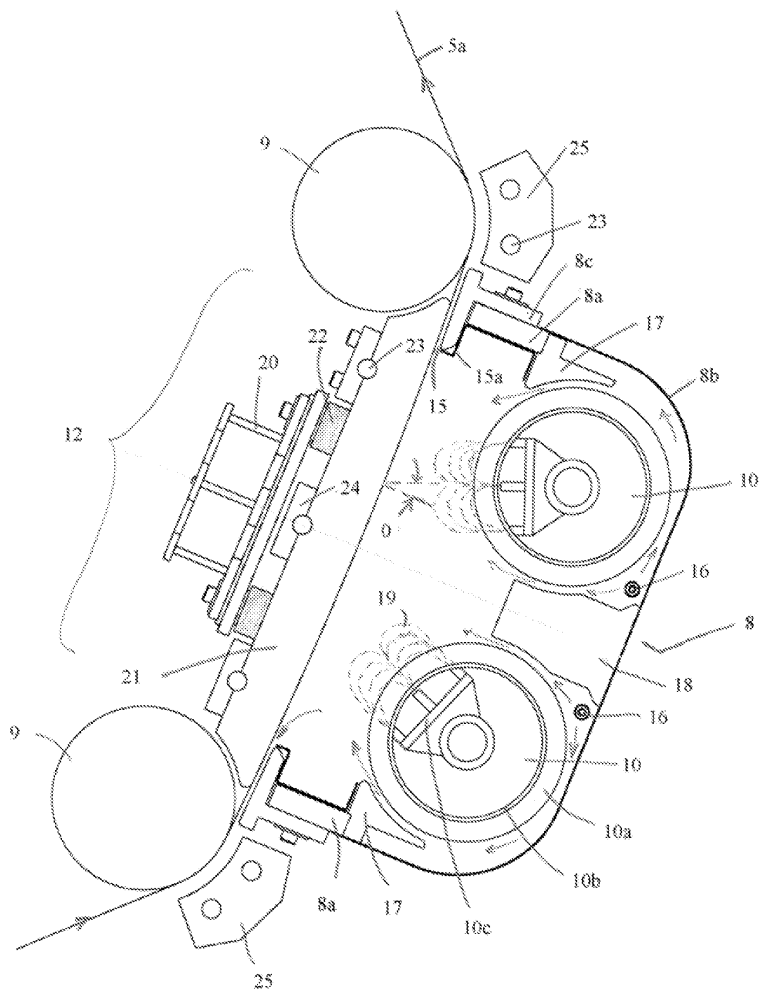
도면2



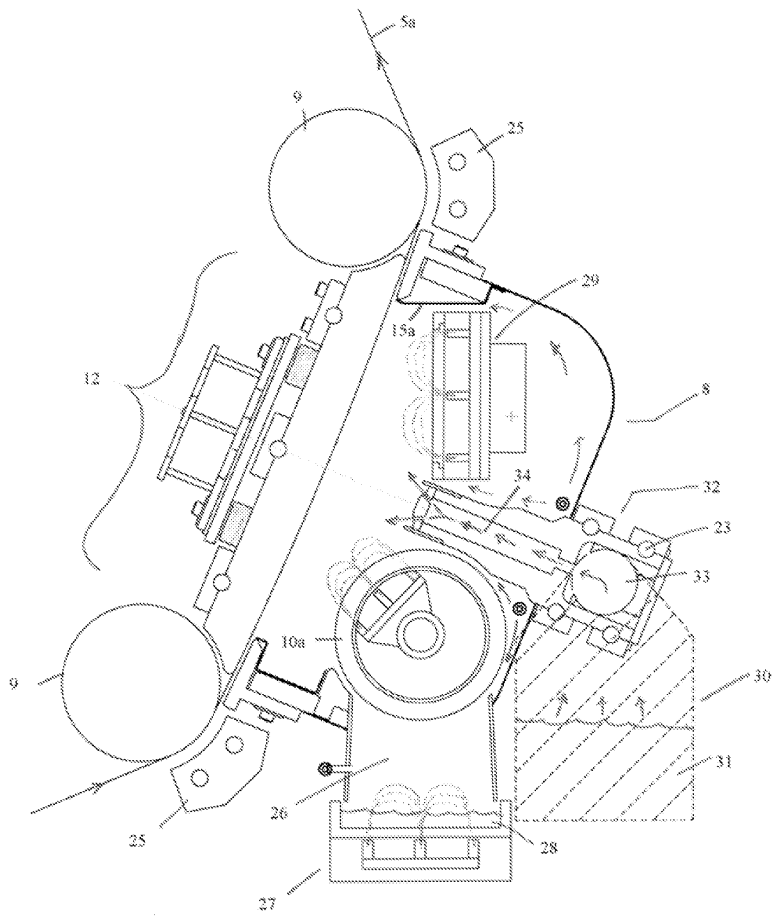
도면3



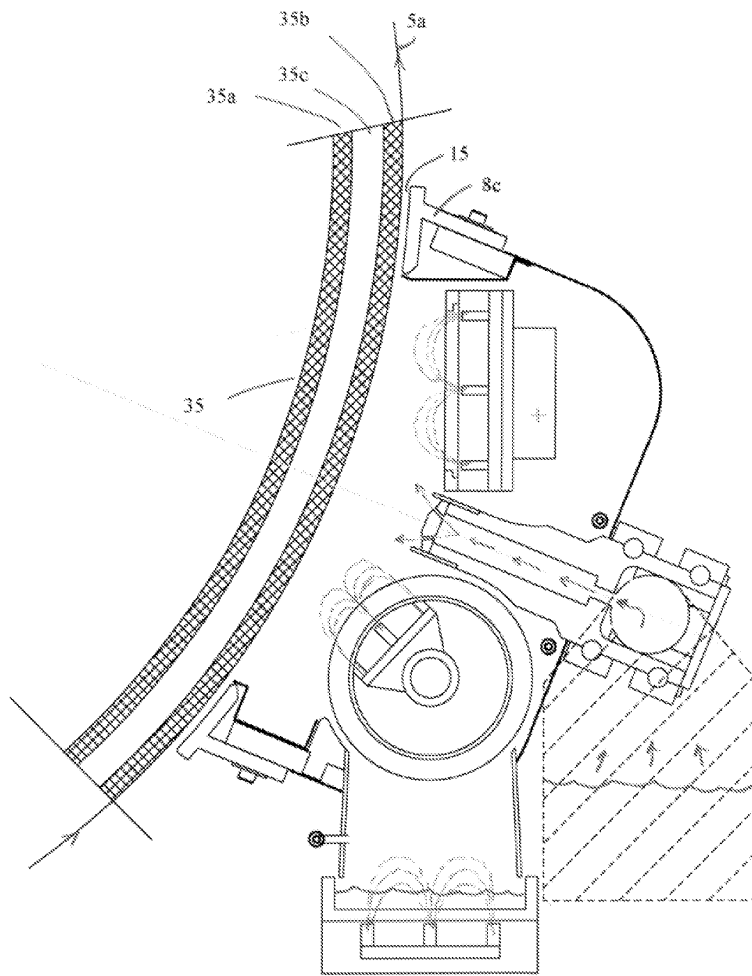
도면4



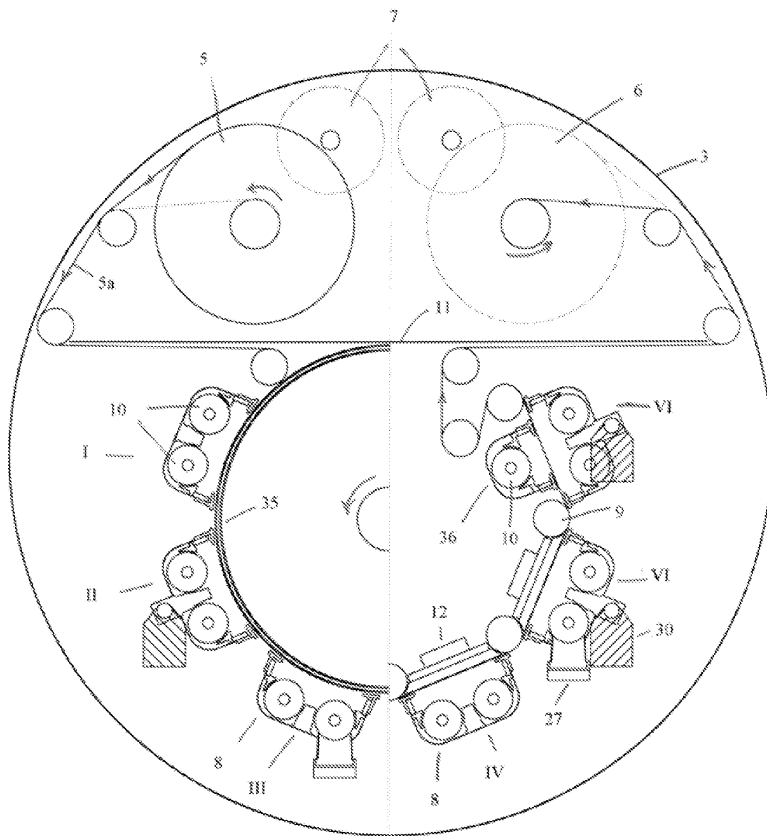
도면5



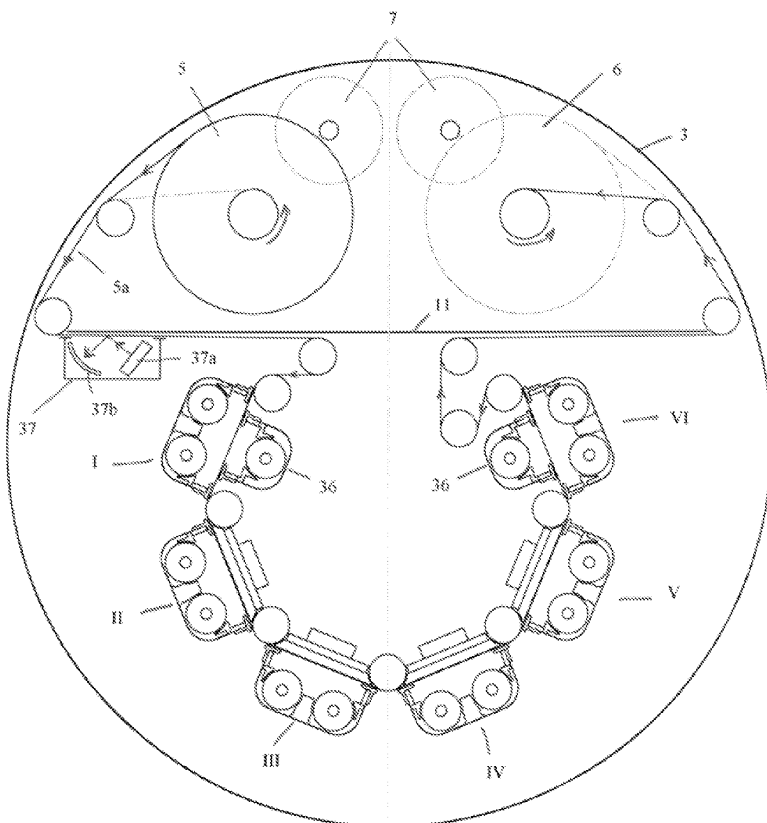
도면6



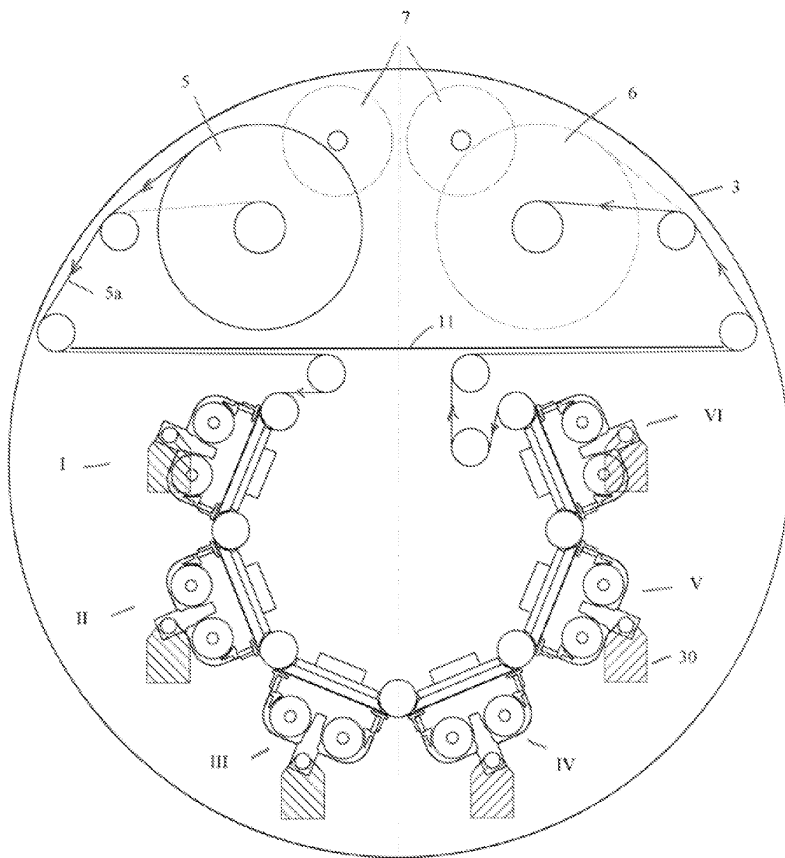
도면7



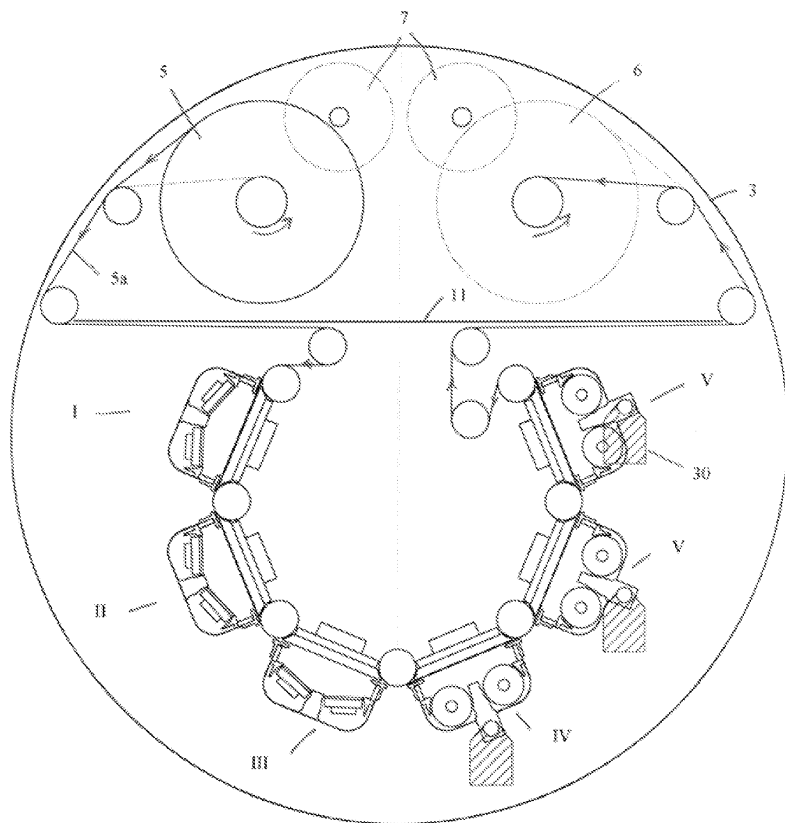
도면8



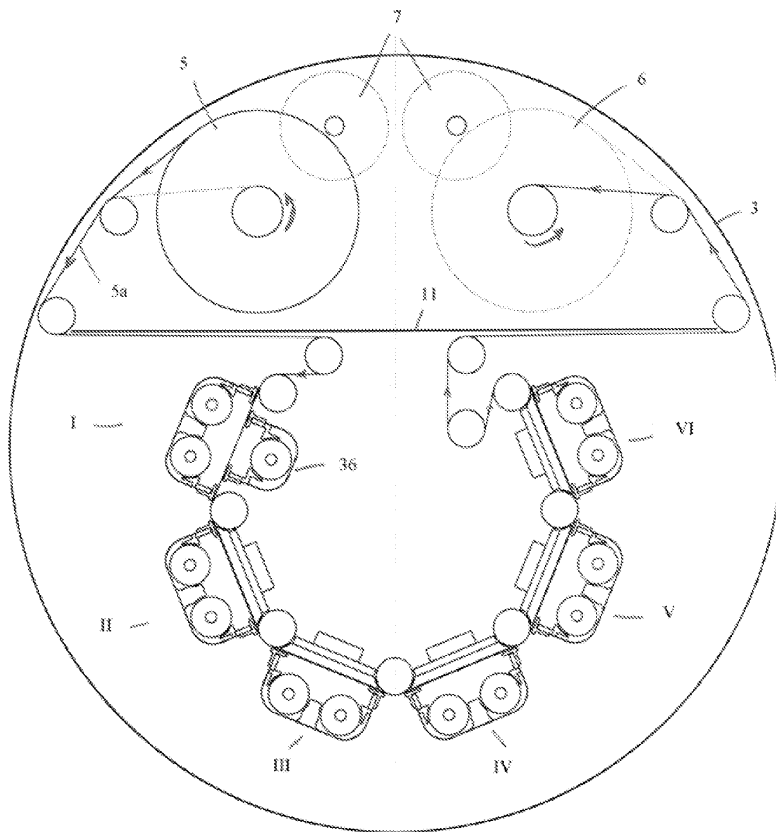
도면9



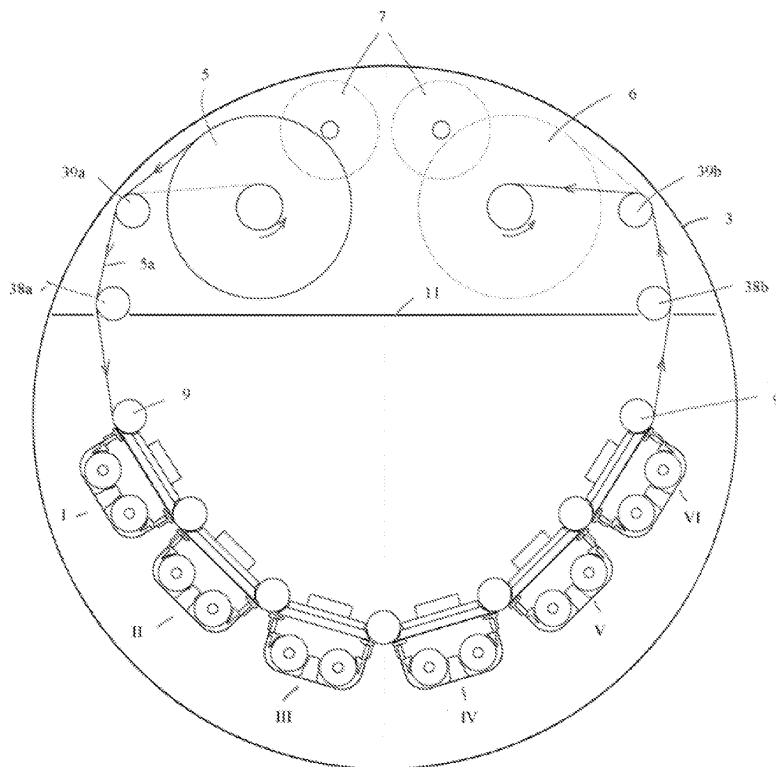
도면10



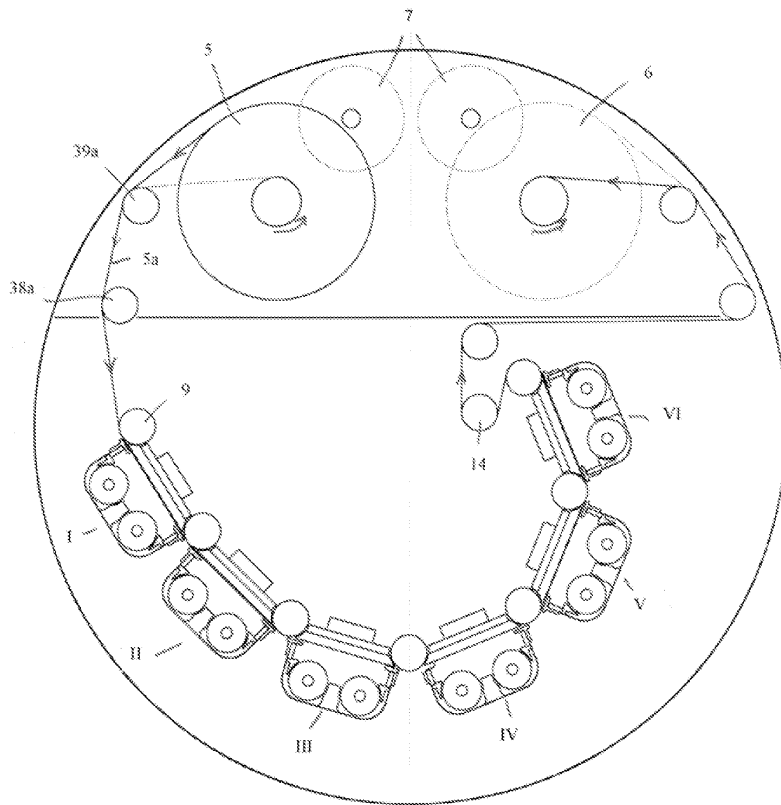
도면11



도면12



도면13



도면14

