



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2019년02월01일

(11) 등록번호 10-1945003

(24) 등록일자 2019년01월28일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

C23C 14/54 (2018.01) C23C 14/56 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2013-7025001

(22) 출원일자(국제) 2012년02월20일

심사청구일자 2017년02월01일

(85) 번역문제출일자 2013년09월23일

(65) 공개번호 10-2014-0015391

(43) 공개일자 2014년02월06일

(86) 국제출원번호 PCT/EP2012/052860

(87) 국제공개번호 WO 2012/113750

국제공개일자 2012년08월30일

(30) 우선권주장

10 2011 004 441.8 2011년02월21일 독일(DE)

(56) 선행기술조사문헌

KR1020090116809 A*

KR1020100075336 A*

US20080286084 A1*

JP2003292154 A*

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

씨티에프 솔라 게엠베하

독일연방공화국 01109 드레스덴 추어 베터바흐테
50 하우스 303

(72) 발명자

하 미카엘

독일 65779 켈크하임 테레센스트라쎄 9

리히터 힐마

독일 61194 니다탈 알코니그스트라쎄 35 이
(뒷면에 계속)

(74) 대리인

박장원

전체 청구항 수 : 총 18 항

심사관 : 백영환

(54) 발명의 명칭 기판 상에 필름을 부착시키는 방법 및 장치

(57) 요 약

본 발명은 관형 기판, 특히 태양 전지 제조를 위한 유리 기판을 코팅하기 위한 방법 및 장치에 관한 것이다. 상기 방법은 가열 및 코팅 챔버를 통하여 이송 샤프트 상에서 이동되는 기판을 상부 면 및 하부 면 상에 상이한 정도로 가열하는 단계를 포함하고 있으며, 상기 방법을 통해 기판이 취급하기에 너무 연화되지 않도록 하면서 코팅 온도를 증가시킬 수 있다. 또 상기 방법을 수행하기에 적합한 장치가 설명되고 있으며, 상기 장치는 독립적인 가열 시스템을 갖는 가열 및 코팅 챔버 뿐만 아니라 운반 시스템도 갖고 있다.

(72) 발명자

보셰르트 스템

독일 08058 쥐카우 발터-라테나우-스트라쎄 2아

스테우드텐 랄프

독일 08297 즈외니츠 토마스-뮌체-스트라쎄 52

게오르게 스템

독일 08393 덴헤리츠 하우프스트라쎄 28

팀 텔 세바스티안

독일 08321 츄르라우 칸젤스트라쎄 17

샤드 베르너

독일 09221 네우키르헨-아돌프 시이드룬그 1아

명세서

청구범위

청구항 1

유리로 이루어져 있으며 변태 온도로 가열되는 판형 기판(1)을 코팅하기 위한 방법에 있어서,

- a) 상기 기판(1)을 변태 온도까지 가열하는 단계,
- b) 단계 a)와 동시에 그리고/또는 후속하여, 상기 기판(1)의 하부 면을 상부 면보다 더 높은 온도로 가열하는 단계로서, 상기 기판(1)의 상부 면은 상기 기판(1)의 하부 면이 가열되는 온도보다 10K 만큼 낮은 온도로 가열되며, 상기 기판(1)의 하부 면이 카스터(213, 214, 313, 314) 상에 놓이고, 상기 기판(1)의 하부 면과 상부 면 사이의 온도 차이가 상기 기판(1)의 임의의 처짐에 대해 반대로 작용하는 내부 인장을 상기 기판(1) 내에 형성하는, 가열 단계, 및
- c) 상기 기판(1)의 하부 면 상에 부착될 하나 이상의 재료의 증기 부착 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는, 판형 기판을 코팅하기 위한 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 기판 온도를 단계 c) 후에 상기 변태 온도 아래로 낮추고, 후속하여 프로세스 단계 a) 내지 단계 c)가 다시 수행되는 것을 특징으로 하는, 판형 기판을 코팅하기 위한 방법.

청구항 3

제1항 또는 제2항에 있어서,

기판(1)이 540°C 내지 570°C인 변태 온도에서 사용되는 것을 특징으로 하는, 판형 기판을 코팅하기 위한 방법.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 기판이 석회 소다 유리인 것을 특징으로 하는, 판형 기판을 코팅하기 위한 방법.

청구항 5

제4항에 있어서,

부착 동안 상기 기판(1)의 하부 면 상의 온도가 520°C보다 높은 것을 특징으로 하는, 판형 기판을 코팅하기 위한 방법.

청구항 6

제1항에 있어서,

단계 b) 이후 상기 기판(1)의 하부 면이 상부 면의 온도보다 적어도 2K 내지 4K만큼 더 높은 온도를 갖는 것을 특징으로 하는, 판형 기판을 코팅하기 위한 방법.

청구항 7

제1항에 있어서,

부착될 재료가 CdS 또는 CdTe이거나, CIS 또는 CIGS(구리, 인듐 또는 갈륨, 셀레늄)인 것을 특징으로 하는, 판형 기판을 코팅하기 위한 방법.

청구항 8

제1항에 있어서,

부착될 재료가 CZTS(구리, 아연 또는 주석, 황)인 것을 특징으로 하는, 판형 기판을 코팅하기 위한 방법.

청구항 9

제1항에 따른 방법을 수행하기 위한 장치로서,

상기 장치가, 적어도,

- 진공 챔버로 기능하는 적어도 하나의 가열 챔버(3)로서, 내부 챔버에서 서로 관계없이 제어되거나 조절될 수 있는 적어도 두 개의 가열 시스템(33, 34)을 가지며, 이에 따라 적어도 하나의 가열 시스템(34)은 상기 기판의 상부 면을 가열하며 다른 적어도 하나의 가열 시스템(33)은 상기 기판의 하부 면을 가열하고, 이에 의해 상기 가열 시스템(33, 34)이 상기 기판(1)을 변태 온도로 가열하도록 설정되어 상기 기판의 하부 면이 상기 상부 면 보다 더 높은 온도를 가짐으로써 상기 기판(1)의 임의의 처짐에 대해 반대로 작용하는 내부 인장을 상기 기판(1) 내에 형성하며, 상기 기판(1)의 상부 면을 가열하는 가열 시스템(34)은 상기 기판(1)의 하부 면을 가열하는 가열 시스템(33)에 의해 생성되는 온도보다 10K 만큼 낮은 온도를 생성하도록 제어되는, 적어도 하나의 가열 챔버(3),
- 진공 챔버로 기능하고 가열 챔버(3)에 대해 운반 방향으로 하부에 위치되는 적어도 하나의 부착 챔버(2)로서, 부착될 재료와 함께 적어도 하나의 가열 가능한 기화 도가니를 가지며, 상기 재료가 상기 기판(1)의 하부면에 부착되도록 상기 기판(1)이 상기 기화 도가니 위를 통과하는, 적어도 하나의 부착 챔버(2), 및
- 상기 가열 챔버(3)를 통하여 연장되는 상기 기판(1)을 위한 하나의 운반 시스템(30) 및 상기 부착 챔버(2)를 통하여 연장되는 상기 기판(1)을 위한 하나의 운반 시스템(20)으로서, 이에 따라 두 개의 상기 운반 시스템(20, 30)은 운반 방향으로 잇따라 그리고 상기 운반 방향에 대해 수직으로 배열된 수 개의 축방향으로 평행하게 이격된 샤프트(21, 31)를 가지며, 이에 의해 각각의 샤프트가 외측 카스터(213, 313)를 갖고, 외측 카스터 각각 사이에 하나 이상의 내측 카스터(214, 314)가 배열되는, 운반 시스템(30, 20)을 포함하는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 10

제9항에 있어서,

각각의 가열 챔버(3) 및 각각의 부착 챔버(2)는 상기 챔버(2, 3)로 들어오는 기판용 입구 및 상기 챔버(2, 3)로부터 나오는 기판용 출구를 가지며, 상기 입구를 통하여 상기 기판(1)이 롤킹 프로세스 없이 상류 챔버(2, 3)로부터 그 안으로 들어오며, 상기 출구를 통하여 상기 기판(1)이 잡금 프로세스 없이 밖으로 하부 챔버 내로 이동하는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 11

제9항에 있어서,

상기 외측 카스터(213, 313)는 상기 기판(1)을 위한 원뿔형 접촉 영역(2131, 3131)을 가지며 직경이 제일 가까운 샤프트 단부(211, 311) 쪽으로 줄어들고 상기 접촉 영역(2131, 3131)이 1° 내지 5° 의 기울기 각도를 갖는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 12

제11항에 있어서,

상기 외측 카스터(213, 313)는 130° 내지 150° 의 기울기 각도를 갖는 각진 칼라(2132, 3132)를 가지며 상기 칼라(2132, 3132)는 상기 외측 카스터(213, 313)의 접촉 영역(2132, 3132) 위로 적어도 5mm만큼 둘출하는 것을 특징으로 하는, 장치.

청구항 13

제12항에 있어서,

상기 기판(1)의 하부 면 상의 온도가 상기 기판(1)의 변태 온도의 범위 내에 있는 샤프트(21, 31)가 상기 기판(1)의 하부 면 상의 온도가 상기 변태 온도 아래인 상기 샤프트(21, 31)보다 더 큰 거리의 칼라(2132, 3132)를

갖는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 14

제9항에 있어서,

상기 기판(1)의 하부 면 상의 온도가 상기 기판(1)의 변태 온도의 범위 내에 있는 샤프트(21, 31)는 상기 기판(1)의 하부 면 상의 온도가 상기 변태 온도 아래인 상기 샤프트(21, 31)보다 더 많은 내측 카스터(214, 314)를 갖는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 15

제9항에 있어서,

상기 운반 시스템(30)의 내측 카스터(214, 314)들이 운반 방향에서 볼 때 정확히 정렬되어 배열되는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 16

제9항에 있어서,

상기 기판(1)의 접촉 지점에서 상기 내측 카스터(21, 31)의 외측 윤곽의 반경은 1 mm 내지 4 mm의 범위 내에 있으며, 상기 내측 카스터(214, 314)의 폭은 2 mm 내지 6 mm이며, 상기 외측 카스터(213, 313)의 접촉 영역(2131, 3131)의 폭은 6 mm 내지 12 mm인 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 17

제9항에 있어서,

상기 진공 챔버에서 상기 샤프트(21, 31)의 구동부가 각각의 샤프트(21, 31)의 적어도 일 단부(211, 311) 상에서 그리고 상기 샤프트(21, 31)로의 직접적인 기계적 연결에 의해 작동되는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 18

제9항에 있어서,

상기 가열 챔버(3)의 가열 시스템(33, 34)은 루프 형상, 구불구불한 형상, 또는 지그재그 형상으로 배열되는 가열 코일로 실행되며, 이에 따라, 상기 기판의 하부 면을 위한 가열 시스템(33, 34)이 상기 샤프트(31) 아래에 배열되는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 19

삭제

청구항 20

삭제

청구항 21

삭제

청구항 22

삭제

청구항 23

삭제

청구항 24

삭제

청구항 25

삭제

청구항 26

삭제

청구항 27

삭제

청구항 28

삭제

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 판형 기판, 특히 태양 전지 제조를 위한 유리 기판을 코팅하기 위한 방법 및 장치에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 미래의 에너지 시대에, 태양 전지는 중요한 역할을 하게 될 것이다. 이 분야에서 특히 박릴름 태양 전지는 자원을 경제적으로 이용할 수 있고 대량 생산에 적합한 장점을 갖고 있다. 실리콘 기재 태양 전지에 대한 대안으로, 특히 텔루르화 카드뮴(cadmium telluride)(CdTe) 기재 박릴름 태양 전지가 매우 적합하다. CdTe는 태양광을 흡수하기에 매우 적합한 1.45 eV의 에너지 갭을 갖는다. 따라서 CdTe 박릴름 태양 전지는 전기 효율이 아주 높다. 보통, CdTe는 황화 카드뮴(CdS)과 함께 계층 구조(layered structure)에 사용되어 p-CdTe-n-CdS의 이중 층으로 이루어지는 필요한 pn-트랜지션(transition)을 생성한다. 여기서, CdS는 가시 광선의 작은 부분만을 흡수하는 일종의 윈도우와 같은 기능을 하는데, 가시 광선의 나머지 부분이 CdTe를 관통하게 되어, 결국에는 광전압을 발생시키는 대전 입자가 생성된다.

[0003] CdTe 기재 박릴름 태양 전지를 생산하는 데 사용되는 기판은 보통 유리이다. 이 기판으로 시작하여, 그 뒤에 전방 접점이 부착되고 이어서 n-CdS-층, p-CdTe-층 및 최종적으로 후방 접점이 부착된다. 투명한 전도성 산화물(TCO: transparent conductive oxide)은 전방 접점으로서 기능하며, 이러한 TCO에는 보통 인듐 도핑 산화 주석(ITO)이 사용된다. 다른 널리 알려진 TCO에는 불소-도핑 산화 주석(FTO) 및 알루미늄-도핑 산화 아연(AZO)이 있다. 아래에서 전방 접점의 제조에 대해서는 더 이상 설명하지 않는다.

[0004] 후방 접점으로는 금속층이 사용되는데, 이에 의해 부가 층들이 부분적으로 CdTe 층에 추가되어 태양 전지의 안정성을 증가시키고 저항을 조정해 준다. 아래의 설명에서 기판(substrate)이란 용어가 사용될 때, 이는 전방 접점의 부착(depositing), 세정(cleaning) 및 폴리싱(polishing) 등과 같이 기판 상에 요구되는 예비 프로세스 단계들이 완료되는 것을 의미하는 것으로 해석된다.

[0005] 기판의 온도가 언급될 때, 이는 보통 TCO 필름이 제공된 하부 면, 즉 하향 면의 표면 온도를 의미한다. 이러한 온도는 상부 면의 온도와 마찬가지로, 센서에 의해 무접촉 방식으로 측정된다. 이러한 데이터 및 위와 같은 장치에 의해 발생된 추가의 데이터는, 개별적으로 또는 상류나 하류 장치들의 데이터와 함께, 전체 프로세스를 고려해서 이러한 데이터를 기초로 한 개별 시스템을 조절하는 하나 또는 둘 이상의 데이터 처리 유닛들로 전송된다. 본 발명에 따른 방법은 또한 이 같은 방식으로 제어된다.

[0006] 특히 근접승화법(CSS: Close-Spaced-Sublimation)은 CdS 및 CdTe를 부착하는 데 적합한 것으로 입증되었다. 이 방법으로, 기본 재료, 예를 들면 고 순도의 CdTe 입자는 용기 내에서, 특히 이를 위해 적합한 기화 도가니에서 약 600 내지 770 °C까지 가열되어, 기판 상에 부착될 재료를 승화 또는 기화시키며, 이에 의해 기판이 근접 거리에서 소스(source) 위로 통과한다. 필름 재료의 소스와 기판 사이의 거리는 여기서는 단지 몇(a few) 밀리미터 내지 몇 센티미터의 범위에 지나지 않는다. 증기 도가니를 가열하기 위해, 예를 들면 저항 가열 요소 또는 IR-방사 요소가 사용될 수 있다. 부착은 보통 잔류 가스 압력이 10^{-4} 내지 10 mbar인 진공 챔버 내에서 일어나는데, 이 이전에는 질소 또는 아르곤과 같은 불활성 가스에 의한 퍼징이 발생할 수 있다. 보통 소다-석회 유리

가 사용되는 경우, 기판 자체는 통상적으로 480 ~ 550 °C 범위의 온도를 가진다. 유리 기판이 부착이 일어나는 적절한 부착 챔버로 유입되기 전에 하나 또는 둘 이상의 가열 챔버를 통하여 지나갈 때, 그 유리 기판은 운반 과정에서 위와 같은 온도에 도달한다. 원칙적으로, 575°C의 기판 온도 아래에서는 효율이 상당히 감소된다는 관찰 보고가 있으므로, 고효율을 얻는 데에는 높은 기판 온도가 바람직할 수 있다. 그러나, 매우 높은 기판 온도에서는 가격도 마찬가지로 높은 고가의 온도 저항 유리 기판만이 사용될 수 있다. 대체로, 이러한 방법은 몇 μm /min의 고 부착율의 특징을 나타내 보인다.

[0007] 가열 및/또는 기화 챔버를 통한 기판의 이동은 샤프트 상에 배열된 카스터(castor)를 기초로 한 운반 시스템을 이용하여 실행된다. 실리콘으로 제조된 태양 전지용 연속 이송 샤프트를 이용하는 운반 시스템은 또한 국제 공개 공보 WO 03/054975 A2호에서도 확인할 수 있다. 그러나, 이는 이송 샤프트 상에 부가 카스터가 배열되지 않기 때문에, 비교적 작은 태양 전지는 그 전체 표면이 이송 샤프트 상에 놓이게 된다. 이러한 유형의 이송 샤프트는 열 처리 프로세스 동안 노내에서 사용된다. 태양 전지의 하부 면에 기화 재료를 부착시켜 대면적 태양 전지를 생산하기 위해서는 이 같은 이송 샤프트가 부적합할 수 있는데, 그 이유는 이러한 경우에 증착을 하려거나 증착이 행해진 기판 면은 그 전체 표면이 샤프트와 접촉하게 되어 그 전체 표면 상의 필름이 손상될 수 있기 때문이다.

[0008] 기판은 판 형상이며, 종래 기술에서는 운반 방향에 대한 교차 방향(crosswise)에서의 지지부들 사이의 거리가 일반적으로 600 mm이며, 외측 카스터 상으로만 이동된다. 일반적인 소다 석회 유리가 사용되는 경우 이보다 더 큰 폭은 이러한 프로세스에 적합하지 않다. 기판으로는 유리가 사용되는 것이 바람직하다. 유리는 종종 상온에서 특히 높은 점성을 갖는 유체로 간주된다. 이 때문에, 정확한 용융 온도를 말하는 것이 불가능하지만, 온도가 증가함에 따라 점성은 감소한다. 유리의 연화를 설명하기 위해 여러 온도 지점들이 사용되며, 그들의 값은 동점성 지수(상용 대수)로 나타낸다.

[0009] 아래에서는, 12.0의 점성 지수를 갖는 변태점(T_g)이 사용된다. 변태점은 12.0 내지 13.4의 지수 범위를 갖는 변태 범위 내에 있다. 사용된 유리의 T_g 값은 550 내지 555°C의 범위 내에 있다(플로트 유리(float glass)에 대한 통상적 값들이 540 내지 560°C의 범위 내에 있다). 변태 온도는 기판의 동점성이 변태점에 도달하는 온도 값을 나타낸다. 아래에서, 변태 온도의 범위(변태 온도 범위)는 점성 지수가 12.0 내지 13.4의 범위를 갖는 온도 범위를 나타낸다.

[0010] 변태 온도 근처의 높은 프로세스 온도(유리의 다양성에 따라, 약 540 내지 560°C)에서, 유리의 점성 유동에 의해 소성 변형이 발생하는데, 이 소성 변형은 비가역적이며 최소로 유지되어야 한다. 유리의 변태 온도가 낮은 것은 또한 기판이 외측 카스터 상에서만 이동할 경우 약 520°C 보다 더 높은 온도에서는 그 기판에 부착물이 형성될 수 없기 때문이다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0011] 따라서 본 발명의 목적은, 위에 설명된 종래의 기술을 출발점으로 해서, 상기한 바와 같은 변태 온도의 범위 내에서 CSS-방법을 이용하여, 거의 모든 폭의 유리 기판에 부착(depositing)을 행하는 방법 및 장치를 제공하는 것이다.

[0012] 본 발명에 따르면, 이러한 목적은 청구항 1에 따른 방법을 이용함으로써 달성된다. 유용하게는, 이러한 방법은 청구항 9에 따른 장치에서 행해진다. 본 발명의 방법 및 장치의 유용한 실시예는 대응하는 종속항에서 설명되고 있다.

과제의 해결 수단

방법

[0014] 본 발명에 따르면, 기판은 이 기판의 변태 온도의 범위에 도달할 때까지 가열 챔버 또는 수 개의 후속 가열 챔버에서 가열된다. 기판을 변태 온도까지 가열시키는 것과 병행하거나 혹은 그에 후속하여, 기판의 상부 면은 기판의 하부 면보다 낮은 온도로 가열되고, 이에 의해 기판이 부풀어지게 되는데, 이는 변태 온도보다 높은 온도에서도 기판을 더 용이하게 처리할 수 있도록 해 준다. 그리하여 가열된 기판에는 필름이 만들어진다. 부착에 많이 사용되는 재료 중에서 CdS 및/또는 CdTe가 주로 사용되지만, 구리, 인듐 및 갈륨 또한 CIS-태양광 모듈 또는 CIGS-태양광 모듈에 사용될 수 있으며 구리, 아연, 주석 및 황이 CZTS-태양광 모듈에 사용될 수 있다.

- [0015] CSS-방법에 따라 부착을 하는 동안, 기판이 설명된 바와 같이 부착 재료 용기 위에 기판이 배치된다. 따라서, 기판을 위한 지지 장치가 부착을 방해하고 또 그 지지 장치 자체가 원하지 않는 부착에 바로 노출될 수 있기 때문에, 기판을 위한 지지 장치는 부착 재료 용기 위의 직접적인 수직 위치에 배치되어서는 안 된다. 이러한 위치에서는, 기판이 변태 온도보다 높은 온도를 갖기 때문에 기판이 너무 많이 쳐지게(sagging) 되어, 결국 코팅이 고르지 못하게 될 수 있다.
- [0016] 본 발명에 따르면, 이러한 경우는 기판의 하부 면을 상부 면보다 더 높은 온도까지 가열함으로써 방지될 수 있다. 그리하여, 기판의 더 뜨거운 하부 면은 상부 면 보다 더 많이 팽창하게 되며, 이에 따라 임의의 처짐에 대해 반대로 작용하는 내부 인장이 기판 내에 생긴다.
- [0017] 대부분의 경우 기판은 직사각형 모양이지만, 더 바람직한 모양은 정사각형이다. 기판에 필요한 몇 개의 지지부를 이용할 때, 부착 재료 용기의 전방 및 후방에서 기판의 하방 부풀음을 방지할 수 있으며, 지지부들 사이의 가능한 거리는 허용 가능한 처짐량을 갖는 용기의 폭을 가교할 수 있으면 충분하다.
- [0018] 기판의 변태 온도는 사용된 재료에 의존한다. 바람직하기로는 변태 온도가 540 내지 560°C의 범위인 석회 소다 유리가 기판으로서 사용되는 것이 좋다.
- [0019] 석회 소다 유리 기판의 하부 면의 온도는 부착이 이루어지는 동안 520°C 보다 높고, 바람직하기로는 540 내지 570°C의 범위이고, 가장 바람직하기로는 약 550°C이다.
- [0020] 석회 소다 유리 기판의 상부 면과 하부 면 사이의 온도 차이는 적어도 2K 내지 4K인 것이 바람직하고, 더 바람직하기로는 5K 내지 8K이며, 특히 바람직하기로는 약 6K이다. 석회 소다 유리 기판에 대해 행해진 연구에서는 통상적인 프로세스 조건(프로세스 지속 시간 10분, 프로세스 온도 550°C, 유리 두께 약 3.2 mm)에서 지지부 사이의 거리가 약 300 mm 내지 400 mm, 바람직하게는 350 mm보다 크지 않은 경우, 유리 기판의 변형은 허용가능한 수준을 초과하지 않는다는 것을 보여주었다.
- [0021] 이러한 유용한 프로세스 방법은 기판의 양 면 사이에서 열 전도에 의해 균일 가열이 일어나기 전에 변태 온도의 범위 내에서 수행되어야 하는 프로세스를 완료할 수 있게 만들어준다.
- [0022] 부착 프로세스 후 기판은 느리게 냉각된다. 이는 기판 내에 인장이 생기는 것을 방지하기 위해 필요하다. 기판에 부착되는 층의 부착도는 서냉에 영향을 받지 않는다.
- [0023] 바람직한 실시예에서, 층을 부착하는 동안 본 발명에 따른 기판의 상부 면과 하부 면 사이의 온도 차이를 감안한 평균 기판 온도는 기판의 변태 온도의 범위 내에 있으며, 이 평균 기판 온도는 층을 부착한 후 변태 온도의 범위 아래로 냉각된다. 후속해서, 기판이 다시 가열되고 본 발명에 따른 상부 면과 하부 면 사이의 온도 차이는 새롭게 설정된다. 이어 부착에 있어서의 다른 프로세스 단계로 이어진다.
- [0024] 부착이 이루어지는 동안, 기판은 부착될 재료와 함께 용기 위를 통과한다. 이 용기의 온도는 기판의 하부 온도 보다 더 높다. 기판 내의 열 전도에 의해, 비록 느리긴 하지만 기판의 후방 면을 포함한 전체 기판이 가열된다. 이는 기판 내의 인장을 낮게 한다. 그러나, 본 발명에 따른 온도 차이를 유지할 수 있도록 하기 위해, 기판을 이러한 용기들 사이에서 냉각시키는 것이 필요하다. 따라서, 기판 내의 온도 구배가 의도적으로 형성되고, 이에 따라 기판의 하부 면이 필름을 부착시키는 데 필요한 프로세스 온도로 유지되지만 과열은 방지된다. 이는 내부 챔버(터널)를 포함하는 본 발명에 따른 가열 시스템 장치에 의해 그리고 내부 챔버들을 각각 조절하여 제어함으로써 이루어진다. 가열 시스템의 세팅은 기판의 하부 면으로부터 기판의 상부 면에 전달되는 기판의 열 전도에 의해 이루어진다. 바람직하기로는, 용기는 서로 쌍으로 배열되며, 쌍으로 배열된 용기들 사이의 거리는 크다. 이러한 큰 거리는 바람직하기로는 약 385 mm이다. 용기들 사이의 거리가 이보다 큰 경우, 변태 온도 아래로 기판을 냉각시키는 것이 가능하다. 부착에 있어서의 다음 프로세스 단계 전에, 평균 기판 온도는 본 발명에 따른 가열 프로세스에 의해 다시 변태 온도로 되어야 한다. 이러한 해결책은 상부와 하부 면 사이의 균일 가열에 의해 초래되는 기판의 부풀음 및 이에 따른 기판의 처리 능력 손상을 방지해 준다. 이러한 처리 능력은 냉각 및 재가열을 개재시킴으로써 보장된다.
- [0025] 프로세스 동안 기판이 카스터 상에 놓이는 운반 시스템이 사용된다. 카스터 상에 놓이는 기판의 어느 부분에서, 부착된 영역에 대한 손상이 일어날 것이다. 그것은 이러한 영역 내의 필름 부착이 완료되지 않거나 연속 층이 기계적 작용에 의해 손상되기 때문이다. 이와 같은 영역은 태양 전지의 적절한 기능 수행을 방해하기 때문에 제거되어야 한다. 이는 이러한 영역에 있는 손상된 영역 또는 결함있는 필름을 기판으로부터 바람직하기로는 기계적 스크래칭(mechanical scratching), 레이저 절제, 샌드 블래스팅(sand blasting) 또는 그라인딩(마모)에 의

해서나, 혹은 손상되지 않은 영역으로부터 손상된 영역을 분리시켜서 격리시키는 것- 이는 레이저 절제에 의해 달성됨 -에 의해 이루어진다.

[0026] 본 발명에 따른 방법을 수행하기 위하여, 기판은 바람직하기로는 필름 부착을 위해 요구되는 온도에 도달할 때 까지 하나 또는 수 개의 가열 챔버를 통하여 이동계 되하는데, 챔버들은 각각 선행하는 챔버보다 더 높은 온도를 가진다. 기판의 온도가 변태 온도, 즉 540°C 이하를 넘어설 때까지, 기판은 유리하기로는 두 개의 외측 카스터 및 몇 개(few)의 내측 카스터(바람직하게는 1200 mm의 기판 폭에서 하나의 내측 카스터를 가짐)를 갖는 이송 샤프트를 따라 이동한다. 내측 카스터는 여기서 내측 카스터와 공동 샤프트 상의 두 개의 외측 카스터 사이에 배치되는 기판을 지지하는 카스터를 의미한다. 늦어도 부착 전 마지막 챔버에서, 기판은 변태 온도의 범위에 도달하고, 여기서 운반 시스템의 샤프트가 바람직하게는 추가적인 내측 카스터(바람직하게는 1200 mm의 기판 폭에서 총 3개의 내측 카스터)를 갖게 된다. 이에 따라 기판의 하부 면 온도가 변태 온도보다 낮은 영역에서 샤프트는 두 개의 외측 카스터 사이에 배치되는 샤프트의 제1 내측 카스터를 가지며, 내측 카스터는 바람직하게는 두 개의 외측 카스터 사이의 거의 중앙에 배열되고; 기판의 하부 면 온도가 변태 온도에 도달되는 영역에서 샤프트는 하나 이상의 추가적인 내측 카스터를 갖게 된다. 추가적인 내측 카스터는 바람직하게는 거의 중앙의 내측 카스터와 외측 카스터 사이의 중간쯤에 배열된다. 기판의 상부 면 및 하부 면은 상부 면 및 하부 면을 위한 가열 시스템을 이용하여 상이한 온도까지 가열된다. 이는 바람직하게는 상부 면 및 하부 면을 위한 각각의 가열 시스템의 개별 제어부(즉, 조절부)에 의해 이루어진다. 상부 면 및 하부 면 상의 온도는 바람직하게는 센서(바람직하게는 비-접촉 측정 고온계)에 의해 제어된다. 기판은 약간 부풀어 오르며, 따라서 가열 챔버로부터 후속하는 부착 챔버를 지나갈 때 샤프트들 사이의 큰 거리를 충격 없이 가교할 수 있으며, 기판은 부착 재료 용기 위에 어떠한 부가 지지 장치 없이도 부착 챔버 내에 배치될 수 있다.

[0027] 이러한 방법은 바람직하게는 CdS/CdTe 박필름 태양 전지를 생산하기 위해 사용된다.

[0028] 필름 부착 동안, 기판과 부착될 재료가 승화/기화되는 용기 사이의 거리는 바람직하게는 약 3 mm 내지 50 mm, 가장 바람직하게는 5 mm 내지 20 mm이다. 상기 거리는 CSS-방법에서 가능한 작게 유지되어야 한다. 종래 기술에서는, 5 mm 미만의 거리가 또한 설명되었다. 이 경우에는, 먼저 CdS 층 및 그 후에 CdTe 층이 부착된다. 따라서, 기판은 먼저 CdS가 담겨있는 기화 도가니 위로 이동되고, 후속하여 CdTe가 담겨있는 기화 도가니 위로 이동된다. 따라서 이들 두 개의 재료에 의한 부착은 하나의 프로세스 내에서 잇따라 바로 일어난다.

[0029] 추가의 바람직한 실시예에서, CdS를 이용한 부착은 부착 챔버 내에서 일어나고 CdTe를 이용한 부착은 후속하여 제 2 부착 챔버에서 일어난다. 같은 바람직한 실시예에서, 기판은 두 개의 부착 단계 사이에서 냉각된다. 이러한 중간 냉각은 부착 챔버 사이에 배열된 하나 또는 둘 이상의 가열 챔버에서 일어난다. 유용하게는, 두 개의 부착 단계를 분리함으로써, 더 높은 처리 속도를 내는 것이 가능하고, 이에 의해 중간 냉각 프로세스 단계는 기판이 너무 많이 연화되지 않으면서, 추가적인 가열에 의해 기판의 안정화 부풀음이 설명된 방식으로 회복될 수 있도록 한다.

[0030] 최종적으로 상기 기판은 냉각 구역으로 기능하는 하나 또는 수 개의 가열 챔버를 통하여 지나가게 된다. 이러한 구역에서, 기판은 바람직하게는 먼저 천천히 냉각될 수 있고, 약 400°C 내지 500°C 의 온도 범위에 도달하게 되면 사용된 유리의 다양성에 따라 더 빨리 냉각될 수 있다.

[0031] 종래 기술을 설명할 때 위에서 이미 상세하게 설명한 바와 같이, 필름 부착은 바람직하게는 진공에서 일어나지만, 원칙적으로 표준 압력까지 그리고 표준 압력보다 더 높은 압력에서 일어날 수 있다.

[0032] 본 발명에 따른 상기 방법은 바람직하게는 600 mm 폭의 보통의 기판보다 운반 방향에 대해 횡방향으로 더 큰 폭을 갖는 기판 상의 필름 부착을 위해 사용된다. 따라서, 700 mm 가 넘는, 바람직하게는 1000 mm 가 넘는, 가장 바람직하게는 약 1200 mm의 폭을 갖는 판형 기판이 적합하다. 그러나 원칙적으로, 두 개의 지지 카스터 사이의 거리가 선택된 프로세스 온도 및 기판 재료에 대하여 수용가능한 치수를 초과하지 않는 경우 거의 어떠한 원하는 폭의 기판상의 필름 부착도 실현 가능하다.

장치

[0033] 본 발명에 따른 장치에는 내부 챔버 내에 서로 독립적으로 제어(또는 조절)될 수 있는 두 개 이상의 가열 시스템을 갖는 진공 챔버로 기능하는 하나 이상의 가열 챔버가 포함된다. 적어도 하나의 가열 시스템은 기판의 상부 면을 가열하며, 다른 하나의 가열 시스템은 기판의 하부 면을 가열한다. 각각의 가열 시스템은 하나 또는 둘 이상의 가열 요소를 갖고 있다. 가열 시스템은 기판의 하부 면이 상부 면보다 더 높은 온도를 갖도록 설정된다. 더욱이, 상기 장치는 또한 진공 챔버로 기능하는 하나 이상의 가열 챔버 및 운반 방향으로 하류에 위치되는 부

착 챔버뿐만 아니라 가열 챔버를 통하여 연장되는 기판을 위한 하나의 운반 시스템 및 부착 챔버를 통하여 연장되는 기판을 위한 하나의 운반 시스템을 갖는다. 두 개의 운반 시스템은 운반 방향으로 잇따라 배열되는 수 개의, 평행한, 축방향으로 이격된 샤프트를 갖는다. 운반 시스템에서 기판의 운반 속도는 바람직하게는 0.5 m/s 내지 5 m/s, 더 바람직하게는 1 m/s 내지 4 m/s 그리고 가장 바람직하게는 1.5 m/s 내지 3m/s이다.

[0035] 진공 챔버로 기능하는 가열 챔버는 유용하게는 가열 챔버의 내부 벽으로부터 이격되는 내부 챔버를 갖는다. 내부 챔버의 외측에는 바람직하게는 온도 절연부(temperature insulation)가 제공된다. 안쪽 방향으로, 가열 시스템 및 내부 챔버의 벽이 후속된다. 이는 가열 시스템이 절연 재료와 내부 벽 사이에 배열되는 것을 의미한다. 내부 챔버의 내부 벽이 터널을 형성하기 때문에, 이는 가열 시스템에서 나오는 방열의 열적 등분배(thermal equipartition)를 하는 기능을 하며, 상기 터널은 가열 시스템에 의해 방출된 열을 기판 상에 확산시켜 분배하고 기판 상에서 간접 히터의 역할을 한다. 열 절연에 의해, 내부 챔버의 벽 상으로 가열 시스템에서 발생되는 열의 직접 방사가 방지된다. 운반 시스템은 내부 챔버 및 전체 가열 챔버를 통하여 연장된다. 이 시스템은 기판을 이동시키기 위한 다수의 샤프트를 갖고 있으며, 이 샤프트는 벽을 통하여 지나가고 내부 챔버 외측에 배열된다.

[0036] 내부 챔버의 내부 벽을 위한 재료로는, 바람직하게는 예를 들면 몰리브덴(또는 몰리브덴 합금)과 같은 금속이 사용된다. 추가적인 바람직한 실시예에서 석영 또는 탄소 복합 재료가 사용되기도 한다.

[0037] 기판의 하부 면 상의 표면 온도는 바람직하게는 센서에 의해 무접촉으로 측정된다. 바람직한 실시예에서, 센서는 가열 챔버 외측에 배열되고 전체적인 구성에서 크기가 커지는 작은 구멍에 의해 기판의 온도치가 측정된다. 가열 시스템은 유용하게 제어될 수 있다. 온도 센서에 의해 취득된 데이터 및 장치와 관련된 다른 정보(공급 속도 및 기판 위치와 같은 정보)가 바람직하게는 센서에 의해 또한 기록되며, 장치를 제어하고 여기서 상세하게 설명되지 않는 중앙 데이터 처리 유닛으로 전달된다. 가열 시스템에는 바람직하게는 저항 가열로 실행되는 하나 또는 수 개의 가열 코일이 포함된다. 이러한 경우, 가열 코일은 샤프트들 사이에 개별적으로 또는 그룹으로, 루프로, 지그재그로, 구불구불한 모양으로, 또는 종래의 기술에서 알려진 임의의 다른 형태의 층 배열(laying)로 배열된다. 이 때 각각의 가열 코일의 온도는 개별적으로 제어될 수 있다. 가열 시스템 아래 및 위에 반사 시트(반사 표면)가 배열되고, 바람직하게는 반사 시트는 기판을 향하여 방출된 열을 반사하는 측방향으로 각진 돌출부를 갖는다. 측방향 돌출부에 의해, 기판의 측방향 에지가 또한 가열된다. 가열 시스템은 바람직하게는 반사 표면과 내부 챔버의 내부 벽 사이에 배열된다. 운반 방향에 대해 평행한 외부 에지 상의 반사 표면은 바람직하게는 또한 기판의 측방향 표면을 가열하는 방식으로 기판을 향하여 측방향으로 각진 돌출부를 갖는다.

[0038] 본 발명에 따른 가열 시스템 및 내부 챔버를 배열하고 그 가열 시스템을 목적에 부합되게 제어하는 것만으로도, 기판의 하부 면에 필름을 도포하고 그리고 아주 적은 가열에 의해 또는 심지어 유리의 상부 면을 냉각함으로써 유리의 하부 면에서 요구되는 프로세스 온도를 유지하는 것이 가능하다. 이를 위해, 상부 면을 위한 가열 시스템은 바람직하게는 하부 면을 위한 가열 시스템보다 약 10K만큼 낮은 온도를 생성한다.

[0039] 운반 시스템의 샤프트는 잇따라 배열되고 운반 방향에서 축방향으로 이격되며, 운반 방향에 대해 수직으로 배열된다. 샤프트는 여기서 수평방향으로 배열되고, 이에 따라 샤프트의 배열은 바람직하게는 운반 방향으로 구배를 갖지 않아야 하거나 단지 매우 작은 구배(바람직하게는 3% 미만)만을 가져야 한다.

[0040] 샤프트는 바람직하게는 공급-관통 덕트를 경유하여 내부 챔버의 밖으로 리드되고 상기 챔버 외부에 장착된다. 샤프트 구동부는 또한 가열 내부 챔버 외부에 배열되는 것이 바람직하지만, 진공 내에 배열된다. 상기 구동부는 바람직하게는 예를 들면 엔진, 엔진의 기어 또는 체인 구동부에 의해 샤프트로의 직접적인 기계적 연결부를 경유하여 작동되며 하나 이상의 샤프트 단부 상에 직접 작용한다. 내부 챔버에서, 공급-관통 덕트들 사이에 그리고 공급-관통 덕트로부터 근접하게 이격된, 각각의 샤프트에 대해 두 개의 외측 카스터가 배열된다. 외측 카스터 사이에 각각 배열되는 하나 이상의 내측 카스터가 있다. 기판에 대해, 외측 카스터는 바람직하게는 원뿔형 접촉 영역을 가지며, 이의 직경은 가장 가까운 샤프트 단부를 향하여 증가한다. 외측 카스터에는 바람직하게는 각진 칼라가 제공된다. 기판의 하부 면 온도가 기판의 변태 온도를 초과하는 샤프트에는 바람직하게는 두 개 또는 세 개 이상의 내측 카스터가 제공된다. 바람직하게는, 이러한 샤프트의 외측 카스터는 기판의 하부 면 온도가 기판의 변태 온도보다 낮은 상기 샤프트들보다 칼라의 거리가 크다.

[0041] 기판이 복수의 카스터 상에서 운반되기 때문에, 판형 기판의 운반 방향에서의 전방 에지가 다음 카스터 상에 도달될 때 늘어지는 것을 방지하고 기판을 다음 샤프트에 이동시킬 때 기판이 충격에 노출되는 것을 방지하는 것이 필요한데, 그것은 이렇게 하는 것이 에지에 대한 손상을 초래할 수 있기 때문이다. 이러한 현상은 샤프트들 사이의 거리를 감소시킴으로써 해결될 수 있다. 그러나, 이러한 경우 발생되는 문제점은 이어서 두 개의 샤프트

들 사이의 이용가능한 공간이 필요한 예를 들면 기화 도가니와 같은 부품을 수용하기에 더 이상 충분하지 않다는 것이다. 기판이 하나의 챔버로부터 다른 챔버로 이송될 때, 기판의 전방 에지의 뚜렷한 처짐(늘어짐) 없이 샤프트들 사이의 큰 거리를 가교하는 것이 또한 필요하다.

[0042] 이러한 문제점을 해결하기 위하여, 가열 시스템의 적절한 제어(조절)에 의해, 기판의 하부 면은 상부 면보다 더 많이 가열된다. 심지어 상부 면과 하부 면 사이의 작은 온도 차이는 양 면의 결과적으로 상이한 열 팽창에 의해 기판의 탄성 벤딩을 초래한다. 이는 기판의 에지가 기판의 중앙보다 더 높은 위치에 있도록 만든다. 동시에, 기판은 중력에 영향을 받는다. 기판이 단지 에지 상에 배열되는 외측 카스터에 놓일 때, 중력은 기판을 벤딩시키며 이 벤딩은 열에 의한 벤딩과 동일한 방향으로 향한다. 따라서 두 개의 프로세스는 서로를 보강한다. 그러나, 에지 상에 기판을 지지하는 외측 카스터에 부가하여, 하나 또는 둘 이상의 내측 카스터에 의한 디스크의 중앙에서의 지지가 부가되는 경우, 내측 카스터 상의 디스크의 지지는 중력의 하방 당김에 의해 기판 에지의 열적으로 유발된 상방 벤딩의 부분적인 보상을 초래하여, 결과적으로 총 벤딩이 감소된다.

[0043] 부착 챔버는 또한 진공 챔버로 기능하고 열적 등분배를 위해 내부 챔버가 제공된다. 전체 부착 챔버를 통하여 연장되는 운반 시스템은 상부 가열 또는 부착 챔버의 운반 시스템으로부터 기판 디스크를 넘겨받아 기판 디스크를 하부 가열 또는 부착 챔버의 운반 시스템으로 이송한다. 내부 챔버를 통해 운반되는 동안, 기판 디스크에는 기판의 하부 면 상에 필름이 제공된다. 부착될 재료(바람직하게는 CdS 또는 CdTe)들은 상부가 개방된 가열된 용기(기화 도가니)에 배열되며 상기 용기 위의 근접 거리로 기판이 통과한다. 이러한 용기 바로 위에, 유용하게는 거기에 임의의 원하지 않는 필름 부착이 발생하는 것을 가능한 방지하거나 감소시키기 위해 운반 카스터가 배열되지는 않는다. 따라서 운반 시스템의 카스터 중 적어도 일부는 가열 챔버에서 보다 더 큰 거리에 배치된다. 샤프트의 구조는 가열 챔버 내의 운반 시스템 샤프트의 구조에 따라 만들어진다. 기판이 변태 온도의 범위 내의 온도를 갖는 부착 챔버를 통하여 지나가기 때문에, 샤프트에는 더 많은 내측 카스터 및 기판 온도가 변태 온도 아래인 상기 샤프트들보다 더 큰 칼라들의 거리가 제공된다. 부착 챔버에서, 가열 시스템은 운반 시스템의 바로 위에 있어야 한다. 용기의 온도가 기판의 하부 면의 온도보다 상당히 높기 때문에, 이는 또한 기판의 하부 면 상에 가열 효과를 초래한다. 그러나, 기판의 온도는 기판의 하부 면 상의 기화 또는 승화 재료의 부착을 초래할 수 있도록 용기 내의 온도보다 현저하게 낮아야 한다. 바람직한 실시예에서, 기판의 상부 면 및 하부 면의 온도는 또한 부착 챔버 내의 센서에 의해 기록된다.

[0044] 가열 및 부착 챔버 내의 센서(예를 들면 고온계 센서)는 바람직하게는 무접촉 방식으로 작동되고, 또 표면으로부터의 방출에 의한 기판의 표면 상의 온도를 기록한다.

[0045] 하나의 챔버의 운반 시스템으로부터 다음 챔버의 운반 시스템으로의 기판의 이송은 공급 슬릿을 경유하여 일어나며, 이에 의해 챔버가 서로 연결되게 된다. 압력 롤킹(pressure locking)은 단지 기판을 제 1 챔버로 공급하기 위해 그리고 기판을 마지막 챔버로부터 제거하기 위해서만 발생한다.

[0046] 운반 시스템의 이송 샤프트는 바람직하게는 용융 실리카로 제조된다. 이러한 재료는 고온에서도 매우 낮은 열 전도율 및 높은 기계적 강성을 갖고 있다. 개별 카스터는 바람직하게는 카스터 외부 영역에서 선택적으로 카스터의 직경을 축소시켜서, 샤프트를 - 먼저 원통형 샤프트를 - 그라인딩하는 프로세스에 의해 제조될 수 있다. 이는 카스터가 이송 샤프트 위로 적절히, 약간만, 바람직하기로는 10 mm 미만만큼 돌출되면 충분하다. 바람직하게는 사용된 용융 실리카의 낮은 열 전도율 때문에, 이송 샤프트의 단부에는 양 면 상의 스테인리스 강 캡이 제공된다. 이송 샤프트는 양 면 상에서 스테인리스 강 캡에 의해 베어링에서 가이드되며, 이에 의해 구동부는 바람직하게는 기어 휠 메커니즘을 경유하여 한 면 상에서 작동된다. 고온에서 용융 실리카로 제조된 이송 샤프트의 팽창은 매우 제한적이며 이에 따라 무시될 수 있다.

[0047] 바람직하게는, 본 발명에 따라 내측 카스터는 또한 기판의 운반 방향에 대해 교차 방향 라인 내에 배치되는 외측 카스터와 동일한 이송 샤프트 상에 배열된다. 바람직하게는, 운반 방향으로 서로 후속하는 샤프트의 내측 카스터는 정확히 정렬되게 배열된다. 이러한 경우 카스터 모두는 이송 샤프트로부터 만들어질 수 있다. 이는 바람직하게는 그리인딩(마모), 터닝(turning) 또는 기술 상태에 따라 다른 프로세싱 방법을 이용하여 수행된다. 그러나, 단지 외측 카스터가 연속 이송 샤프트 상에 장착되는 경우, 매끄러운 작동이 이미 기본적으로 이루어지기 때문에, 내측 카스터를 동시-구동하지 않으면서 하나 또는 둘 이상의 개별 샤프트 상의 내측 카스터의 배열이나 샤프트 상의 내측 카스터의 느슨한 베어링 안내가 또한 가능하다.

[0048] 바람직한 실시예에서, 단지 몇몇 이송 샤프트는 그 위에 배열된 카스터를 구비한 다른 이송 샤프트가 단지 기판을 지지하는 기능을 하는 동안 기판을 전방으로 이동시키기 위해 구동된다.

- [0049] 교차하는(alternating) 가열 및 부착 챔버의 세트에서는, 바람직하게는 아래와 같은 단지 두 개의 바람직한 샤프트 구성 탑입을 갖는 운반 시스템이 사용된다.
- [0050] ● 온도가 변태 온도의 범위 내 또는 근처에 있는 영역에 대해, 샤프트는 더 많은 내측 카스터와 더 큰 거리의 칼라를 갖는다. 칼라의 거리는 바람직하게는 1205 mm 내지 1207 mm이고, 가장 바람직하게는 1206 mm이며, 기판 디스크의 측방향 진자 운동이 이에 따라 약 ± 1 mm로 제한된다.
- [0051] ● 온도가 변태 온도보다 낮은 영역에 대해, 샤프트는 균일한 거리의 칼라(바람직하게는 1205 mm)를 가지며 바람직하게는 단지 하나의(바람직하게는 중앙의) 내측 카스터를 갖는다. 25°C 내지 약 500°C 범위에서, 기판 디스크의 측방향 진자 운동은 ± 2.5 mm로 제한된다. 기판 폭이 추가 지지를 요구하는 경우 내측 카스터의 개수는 더 많아질 수 있다. 이러한 경우 내측 카스터의 개수는 또한 연화 온도보다 높은 온도 범위에서 샤프트에 대해 증가한다.
- [0052] 단지 두 개의 샤프트 구성 탑입만 이용하게 되면 구성 탑입마다 생산된 유닛의 개수가 더 많아 분명한 비용 절감을 이를 수 있다.
- [0053] 외측 카스터가 매우 높은 비틀림 강성을 갖는 연속 샤프트 상에 배열되게 되면, 외측 카스터는 항상 동기적으로 작동하여, 전달 과정에서 길이 차이에 의해 유발된 미끄러짐이 더 이상 발생하지 않게 된다.
- [0054] 단면으로 보여지는 외측 카스터의 원뿔형 접촉 영역은 바람직하게는 0.3° 내지 6°, 더 바람직하게는 0.6° 내지 4°, 가장 바람직하게는 1° 내지 2°의 각도(기울기)를 갖는다. 카스터 위의 기판의 이동은 이에 의해 더 매끄럽고 더 안정되게 이루어진다. 바람직하게는 외측 카스터의 칼라는 에지의 손상을 초래할 수 있는 과잉 에지 응력을 초래하지 않으면서 기판의 측방향 안내를 유발하는 구배를 갖는다. 샤프트의 단면에서 측정된 칼라의 각도는 120° 내지 150°, 바람직하게는 130° 내지 142°, 더 바람직하게는 139°이다.
- [0055] 외측 카스터의 대안적인 바람직한 실시예에서, 칼라는 의도되지 않으면; 운반 시스템에서 기판의 안내는 스프링이 장착되고 기판의 에지가 운반 방향으로부터 측방향으로 벗어나는 경우 안내 역압(guiding counter-pressure)을 생성하는 측방향 안내 카스터에 의해 영향을 받는다.
- [0056] 상기 장치는 특히 유용하게는 비교적 낮은 연화점을 갖는 경제적인 가격의 소다 석회 유리를 프로세싱하기 위해 사용될 수 있다. 물론 상기 장치는 또한 예를 들면 더 높은 온도 저항을 갖는 유리의 경우 다른 기판 상에 필름을 부착하기 위해 사용될 수 있다. 적절한 거리로 이격되는 대응하는 개수의 내측 카스터가 사용되는 한 거의 임의로 원하는 폭의 기판상의 필름을 부착하는 것이 가능하다. 여기에 상응하여, 예를 들면 1200 mm 및 이보다 큰 폭을 갖는 유리 기판이 또한 활용될 수 있다.
- [0057] 3.2 mm의 폭과 약 550°C의 온도를 갖는 바람직한 소다 석회 유리 기판 상에 필름을 부착할 때, 지지부 사이의 가능한 거리는 약 350 mm이다. 이에 따라 두 개의 카스터 사이의 거리는 300 mm 내지 400 mm, 바람직하게는 350 mm가 되어야 한다. 더욱이, 예를 들면 두 개의 외측 카스터 및 외측 카스터 사이에 배치되는 하나의 중앙 카스터 상에 놓이는 1200 mm 폭의 기판은 비록 두 경우에 지지부 사이의 거리가 600 mm이지만, 단지 두 개의 외측 카스터 상에 놓이는 600 mm 폭의 기판보다 작게 늘어진다. 이 이유는 외측 에지 상에 작용하는 단지 두 개의 카스터 상에 놓이는 기판으로 기능하는 디스크의 접힘선이 일정한 각도로 수평선과 교차하고, 반면에 중앙 카스터에 의해 부가적으로 지지된 디스크의 벤딩선이 디스크를 따라 안정적으로 작동하여야 하고, 이에 따라 대칭 상태에서 수평선에 대한 각도가 중앙 카스터의 장소에서 사라지는 사실에서 확인할 수 있다. 본 발명에 따른 이러한 유용한 절차는 위에서 언급된 기판을 위한 샤프트 사이의 거리를 증가시키는 것을 허용하며, 상기 프로세스의 조건은 보통 약 230 mm 내지 약 350 mm이다.
- [0058] 기판의 벤딩을 감소시킴으로써, 520°C 보다 높은 온도, 바람직하게는 540°C 내지 560°C, 가장 바람직하게는 약 550°C에서 필름 부착을 행할 수 있는 가능성이 생긴다.
- [0059] 약 550°C 온도에서의 CdS/CdTe의 부착은, 낮은 온도를 적용하는 것과 비교할 때에, 완성된 태양 전지의 전기 효율을 증대시키는 유리한 결과를 가져온다. 그리고 알려진 것처럼, 내측 카스터의 트랙의 영역에서 기판 상에 부착된 필름이 손상된다. 내측 카스터의 영역에서, 영향을 받은 CdS/CdTe 층은 12 mm 미만의 폭과 외측 카스터의 영역에서 10mm 미만의 폭을 갖는다. 단지 변태 온도에 도달할 때 추가적인 카스터를 이용함으로써, 추가적인 내측 카스터를 위한 손상된 필름 영역의 폭은 약 6 mm 정도로 줄어들게 되는데, 이는 변태 온도 범위에서 기판이 위에서 상세히 설명된 바와 같이 매우 좁게 안내되기 때문이며, 따라서 기판의 임의의 측방향 이동이 감소하게 된다. 손상된 영역들은 이후의 프로세스 단계에서 제거되어야 한다. 그러나, 이에 의한 활성 제품 표면의 감소

는 더 높은 프로세스 온도 및 결과적으로 더 높은 전기 효율에 의해 보상되는 것보다 더 많다. 통상적으로, 필름 부착에 후속하는 프로세스 단계에서, 카스터의 접촉 영역에서 CdS/CdTe 층은 예를 들면 레이저 절제에 의해 다시 제거된다. 상기 필름은 또한 샌드 블래스팅 또는 기계적 스크래칭에 의해 제거될 수 있다. 대안적으로, 손상된 층 영역은 또한 필름을 관통하지만 기판 내로 단지 약간 커트되는 두 개의 얇은 절연 커트(insulation cut)에 의해 분리될 수 있다. 이러한 타입의 절연 커트를 위해 가능한 폭은 20 μm 내지 100 μm 이다. 광전지 품질이 카스터에 의해 단지 약간의 영향을 받을 때, 어떤 경우에는 접촉 영역의 어떠한 처리도 없이 수행되는 것이 가능하다. 이는 바람직하게는 기판을 분류하는 프로세스 단계에서 결정된다. 따라서, 한편으로 원하는 높은 프로세스 온도와 다른 한편으로 일부 표면적의 원하지 않는 손실 사이에서 기술적, 경제적 측면에서 절충점을 찾는 것이 필요하다.

[0060] 손상된 부착 영역의 크기에 관한 샘플 계산

[0061] 아래에 본 발명에 따른 장치와 함께 본 발명에 따른 방법이 사용되는 경우 상기 기판의 부착에 대해 어떠한 손상을 입을 수 있는지를 확인하는 샘플 계산 방법이 제시되어 있다.

[0062] 판형 유리 기판은 예를 들면 1600 mm의 길이, 1200 mm의 폭 및 3.2 mm의 두께를 갖는다. 내측 카스터의 폭은 바람직하게는 2 mm 내지 6 mm, 가장 바람직하게는 3 mm 내지 5 mm이다. 가능한 카스터의 폭이 좁은 것이 유용한데, 이는 폭이 좁은 카스터가 손상된 영역을 유지시켜 주기 때문이며, 나중에 카스터에서 필름이 제거되어야 한다. 디스크가 중앙에 있는 경우, 중앙 카스터에 의해 손상된 영역은 [카스터 폭] + [기판의 치수적 허용오차($I_{\text{dim,tol}}$) 및 안내 허용오차($I_{\text{guid,to}}$)의 2배]에 의해 결정된다. 특히 이러한 영역에서 손상된 영역을 작게 유지할 수 있도록 하기 위해, 더 좁은 폭의 카스터가 외측 카스터보다 내측 카스터 즉 중앙 또는 중간 카스터용으로 선택될 수 있다.

[0063] 예를 들면, 내측 카스터의 폭은 3.0 mm이지만 외측 카스터의 접촉 영역의 폭은 5.0 mm이다. 이 때, ± 0.5 mm 디스크의 가이딩 허용오차 및 약 ± 0.5 mm 디스크의 치수 허용오차를 가정하는 경우, 내측 카스터에 의해 손상된 CdTe 스트립의 최대 폭은 5 mm이다.

[0064] 이미 위에서 설명된 바와 같이, 부가 카스터에 의해 필름에 가해진 손상에 대해 고려하면서, 변태 온도의 범위에서는 n_{above} 카스터를 구비한 이송 샤프트가 그러나 변태 온도 아래에서는 n_{below} 카스터를 구비한 이송 샤프트가 사용되는 방식으로 변태 온도(T_g)가 선택된다. $T_g = 500$ °C에서, 25 °C 내지 500 °C 사이의 유리 기판의 선형 팽창(dL_{25-500})은 약 5 mm이고 25 °C 내지 550 °C의 선형 팽창(dL_{25-550})은 약 6 mm이다. 따라서 외측 카스터의 의해 손상된 CdTe 영역의 폭(b)은,

$$b_{\text{CdTe, outer}} = b_{\text{castor, outer}} + dL_{25-500}/2 + 2*(l_{\text{guid,tol}} + l_{\text{dim,tol}}) \approx 9.5 \text{ mm} \quad (\text{외측 카스터의 폭 } b_{\text{castor,outer}} = 5 \text{ mm}).$$

[0066] 부가 중간 카스터에 의해 손상된 CdTe 영역의 폭은,

$$b_{\text{CdTe, inter}} = b_{\text{castor, inner}} + (dL_{25-550} - dL_{25-500})/4 + 2*(l_{\text{guid,tol}} + l_{\text{dim,tol}}) \approx 5.25 \text{ mm} \quad (\text{내측 카스터의 폭 } b_{\text{castor,inner}} = 3 \text{ mm}).$$

도면의 간단한 설명

[0068] 도 1은 운반 방향에 대해 수직으로 작동하는, 부착 챔버(2)를 통한 단면을 보여준다. 기판(1)은 샤프트(21)의 외측 카스터(213) 상에 놓인다. 외측 카스터(213) 사이에서 기판(1)이 내측 카스터(214)에 의해 지지된다. 샤프트(21)는 샤프트 베어링(212) 내의 단부(211) 근처에 장착된다.

도 2는 운반 방향을 따라 부착 챔버(2)를 통한 수직 단면을 보여준다. 샤프트(21)는 운반 시스템(20)에 속한다. 부착될 재료를 구비한 용기(10)가 배열되는 지점에서, 샤프트(21)의 거리는 샤프트(21)가 이들 사이의 작은 거리에서 이격되어 배열되는 부착 챔버(2)의 중앙에서보다 현저하게 더 크다.

도 3은 부착 챔버(2)의 커버가 제거되는 부착 챔버(2)의 3D 도면을 보여준다. 내부 챔버의 상부 부분이 또한 제거되었다. 샤프트(21)들 사이에 부착될 재료를 구비한 용기(10)가 도시된다. 부착 챔버의 중앙에서 서로 직접 인접하는 샤프트(21) 사이의 작은 거리(d)에 비해 부착 재료 용기 사이의 샤프트의 더 큰 거리(D)가 뚜렷하다. 기판(1)은 공급 슬럿(22)을 통하여 부착 챔버(2)에 들어가고 이송 샤프트(21)에 의해 부착 챔버(2)를 통하여 이동된다. 제 2 공급 슬럿(22)을 통하여 기판(1)이 부착 챔버(2)로부터 다시 나온다.

도 4는 기판의 변태 온도 아래의 온도 범위에 대한 샤프트(21)를 보여준다. 따라서, 샤프트(21)는 외측 카스터(213) 사이에 하나의 내측 카스터(214)만을 갖는다. 외측 카스터(213)의 칼라(2132)의 거리(1)는 기판(1)의 변태 온도의 범위 근처 또는 변태 온도의 범위 내에서 샤프트(21)와 비교할 때, 외측 카스터(213)의 칼라(2132)의 거리(1)가 더 작다.

도 5는 샤프트(21)로부터의 도 4의 상세 A를 보여주며, 여기에서 샤프트 단부(211)가 도시되며, 외측 케이스(213)의 칼라(2132) 및 접촉 영역(2131)이 또한 도시된다. 예시된 바와 같이 접촉 영역의 각도 또는 기울기(a) 및 칼라(2132)의 각도(b)가 샤프트(21)의 축선을 횡단하는 단면에서 결정된다.

도 6은 가열 챔버의 상부 부분이 없는 가열 챔버(3)의 3D 도면을 보여준다. 가열 챔버(3)에서 샤프트(31)는 균등하게 이격되어 배열된다. 샤프트(31) 아래에 가열 요소(33)가 도시된다. 기판(1)은 공급 슬릿(32)을 통하여 가열 챔버(3) 내로 유입되고 가열 챔버를 통하여 카스터(31)에 의해 이동되고, 기판은 이어 제 2 공급 슬릿(32)을 통하여 나온다.

도 7은 운반 방향에 대해 평행한 가열 챔버(3)를 통한 단면을 보여준다. 가열 챔버(3)의 운반 시스템(30)은 샤프트(31)를 갖는다. 샤프트들 사이의 거리(dd)는 모든 이웃하는 샤프트들에 대해 동일하다.

도 8은 운반 방향에 대해 수직인 가열 챔버(3)를 통한 단면을 보여준다. 샤프트(31)는 각각 두 개의 외측 카스터(313) 사이에 하나의 내측 카스터(314)를 갖는다. 샤프트는 이의 단부(311)가 내부 챔버(35)의 외부에 장착된다. 기판의 방향으로 가열 시스템으로부터 방사되는 열을 반사시키는 하부 반사 표면(331) 및 상부 반사 표면(341)이 도시된다. 기판(1)의 측면 에지에 도달할 수 있도록, 반사 표면이 양 면을 덮기 위해 하방으로 연장되는 것을 볼 수 있다.

도 9는 온도에 따른 유리 기판의 점성 거동을 보여준다. 변태 온도(553°C)에서 점성지수가 12.0에 도달된다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0069]

아래에, 본 발명에 따른 방법을 실행하기에 적합한 전형적인 장치가 예시되어 있다. 도면번호는 도면에 대응하는 요소들을 지칭한다.

[0070]

제 1 가열 챔버(3), 부착 챔버(2) 및 제 2 가열 챔버(3)가 잇따라 배열된다.

[0071]

550°C의 변태 온도를 갖는 석회 소다 유리로 제조된 판형 기판(1)이 사용된다. 이전의 프로세스 단계에서 TCO 층은 이미 전방 전극으로서 기판(1)의 하부 면으로 적요되었다. 운반 방향으로 기판(1)의 폭은 25°C에서 1200 mm이다. 기판(1)의 길이는 1600 mm(25°C)이다. 기판 에지는 C-커트(C-cut)로 라운드형(round)이다. 기판(1)은 480°C의 온도에서 제 1 가열 챔버(3)로 유입된다. 기판은 운반 시스템(30) 상에서 이 운반 시스템을 따라서 이동한다. 운반 시스템(30)은 각진 칼라(3132)를 구비한 외측 카스터(313)를 갖는 샤프트(31)로 이루어진다. 샤프트 축선을 횡단하는 단면에서 각각의 외측 카스터(313)의 칼라(3132)의 기울기는 139°이다. 칼라(3132)의 거리는 1205 mm이다. 기판은 외측 카스터(313)의 접촉 영역(3132) 상의 운반 방향에 대해 평행한 에지 상에 놓인다. 접촉 영역(3131)은 3°의 기울기 및 10 mm의 폭을 갖는다. 기판(1)은 접촉 영역이 3 mm의 폭을 갖는, 제 1 내측 카스터(314)에 의해 중앙에서 지지된다. 기판(1)은 이어서 가열 챔버(3) 내에서 이의 상부 면 및 하부 면이 가열되고, 이러한 프로세스에서 챔버를 통하여 느리게 지나간다(약 1.5 m/min의 공급 속도로). 기판(1)이 변태 온도의 범위에 도달하는 지점으로부터, 다시 제 1 내측 카스터(314)와 외측 카스터(313) 사이의 중앙에, 샤프트(31) 상에 배열된 두 개의 제 2 카스터(314)가 있다. 여기서 칼라(3132)의 거리는 1206 mm이다. 가열 시스템(34)은 이제 가열 챔버(3)의 단부에 도달할 때 기판(1)이 기판의 상부 면 상에서보다 기판의 하부 면 상에서 6K 정도 더 온도가 높은 방식으로 설정된다. 이러한 온도 차이는 기판(1)의 부풀음을 만들어내는 내측 인장을 초래하며 이 부풀음을 기판(1)의 중간 지점에서 일어난다. 3개의 내측 카스터(314)에 의한 지지를 받고 있기 때문에 하방 방향으로 아무런 제약도 받지 않으면서 부풀음이 만들어지기는 어렵다. 이는 기판(1)의 보강을 초래한다. 이러한 보강에 의해 기판(1)이 부착 챔버(2) 운반 시스템(20)의 제 1 샤프트(21) 내로 충돌(bumping) 없이 아래의 부착 챔버(2)로 250 mm의 샤프트 거리를 지나간다. 기판(1)의 변태 온도의 범위에 도달한 후, 부착 챔버(2)의 운반 시스템(20)은 가열 챔버(3)의 운반 시스템(30)에 대응한다. 기판(1)은 운반 방향으로 계속적으로 이동한다. 기판이 제 1 용기(10)에 도달하면, 제 1 용기에서 CdS는 680°C의 온도에서 기화된다. 기판(1)은 에지에 대해 5 mm의 거리에서 용기(10) 위로 이동된다. 운반 방향으로 용기(10)의 폭은 300 mm이다. 이러한 영역에서 지지 카스터가 배열될 수 없기 때문에, 기판(1)은 단지 기판(1)의 상부 면과 하부 면 사이의 온도 차이로 인해 생기는 내측 인장 및 부풀음에 의해 이러한 거리를 가교한다. 그리고 용기(10) 내의 고온에 의해 하부 면은 상

부 면보다 더 연속적으로 가열된다. 기판(1)의 하부 면은 약 555 °C의 온도에 도달한다.

[0072] 제 1 용기(10)를 지나간 후 기판은 두 개의 외측 카스터(213) 및 3개의 내측 카스터(214)를 갖는 샤프트(21)에 의해 다시 지지된다. 이들 사이의 250 mm의 거리로 배열되는 3개의 이 같은 샤프트(21) 다음에, CdS로 부착될 재료를 위해 다른 용기(10)가 후속된다. CdTe로 부착될 재료를 위한 이러한 두 개의 후속하는 컨테이너(10)들은 설명된 방식으로 가교된다. 이 다음에, 코팅된 기판(1)은 제 2 가열 챔버(3)에 도달한다. 여기서, 기판은 느리게 냉각된다. 기판은 약 500°C의 온도에서 제 2 가열 챔버에서 나온다. 이러한 제 2 가열 챔버로부터 하부에, 더 자세하게 설명되지는 않지만, 추가적인 가열 챔버들이 있으며, 이 가열 챔버에서 기판의 온도가 추가로 감소된다. 유리의 변태 범위 온도 아래로 떨어진 후, 기판(1)은 다시 1205 mm의 칼라(3132)의 거리에서 카스터(31) 상에서, 그리고 단지 내측 카스터(314) 상에서 다시 이송된다.

부호의 설명

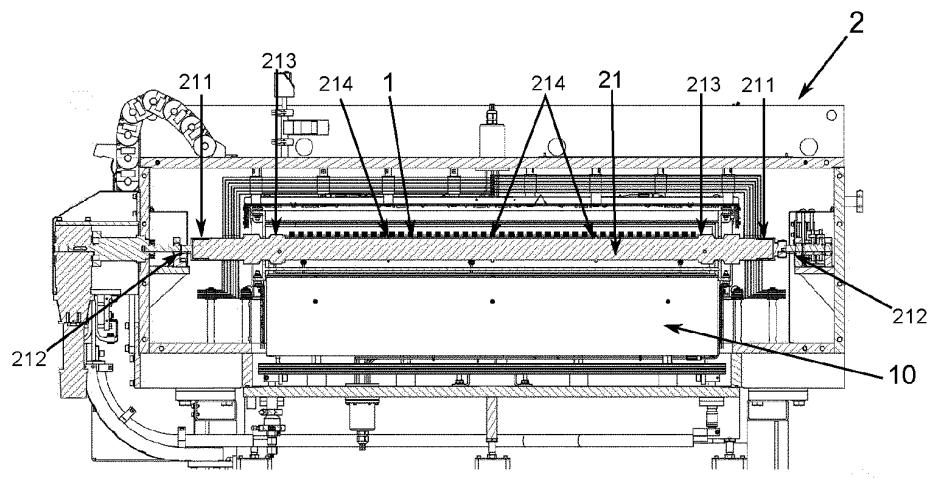
[0073]

- 1 기판
- 2 부착 챔버
- 3 가열 챔버
- 10 CdS 또는 CdTe를 구비한 용기
- 20 부착 챔버의 운반 시스템
- 21 부착 챔버의 운반 시스템의 샤프트
- 211 부착 챔버의 운반 시스템의 샤프트의 샤프트 단부
- 212 부착 챔버의 운반 시스템의 샤프트의 샤프트 베어링
- 213 부착 챔버의 운반 시스템의 샤프트의 외측 카스터
- 2131 부착 챔버의 샤프트의 외측 카스터의 원뿔형 접촉 영역
- 2132 부착 챔버의 샤프트의 외측 카스터의 각진 칼라
- 214 부착 챔버의 운반 시스템의 샤프트의 내측 카스터
- 22 부착 챔버의 공급 슬럿
- 30 가열 챔버 내의 운반 시스템
- 31 가열 챔버 내의 운반 시스템의 샤프트
- 311 가열 챔버의 운반 시스템의 샤프트의 샤프트 단부
- 312 가열 챔버의 운반 시스템의 샤프트의 샤프트 베어링
- 3131 가열 챔버 내의 샤프트의 외측 카스터의 원뿔형 접촉 영역
- 3132 가열 챔버 내의 샤프트의 외측 카스터의 칼라
- 313 가열 챔버의 운반 시스템의 샤프트의 외측 카스터
- 314 가열 챔버의 운반 시스템의 샤프트의 내측 카스터
- 32 부착 챔버의 공급 슬럿
- 33 기판의 하부 면에 대한 가열 챔버 내의 가열 시스템의 가열 요소
- 331 하부 면의 가열 시스템의 반사 표면
- 34 기판의 상부 면에 대한 가열 챔버 내의 가열 시스템의 가열 요소
- 341 상부 면의 가열 시스템의 반사 표면
- 35 가열 챔버의 내부 챔버

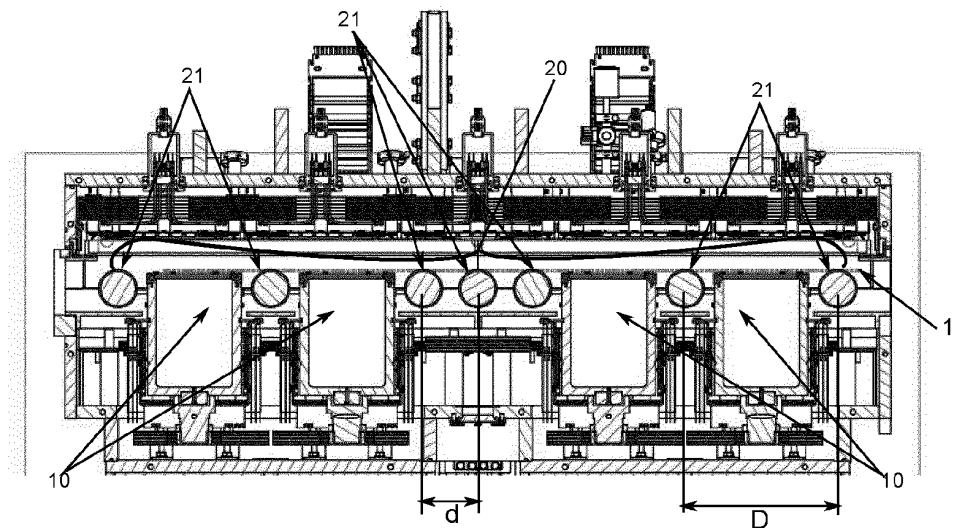
- 1 칼라의 거리
 a 외측 카스터의 접촉 영역의 각도(즉, 기울기)
 b 칼라의 각도
 d 용기가 배열되지 않는 부착 챔버의 상기 영역에서 샤프트의 거리
 dd 가열 챔버 내의 샤프트의 거리
 D 컨테이너가 배열된 부착 챔버의 상기 영역에서의 샤프트의 거리

도면

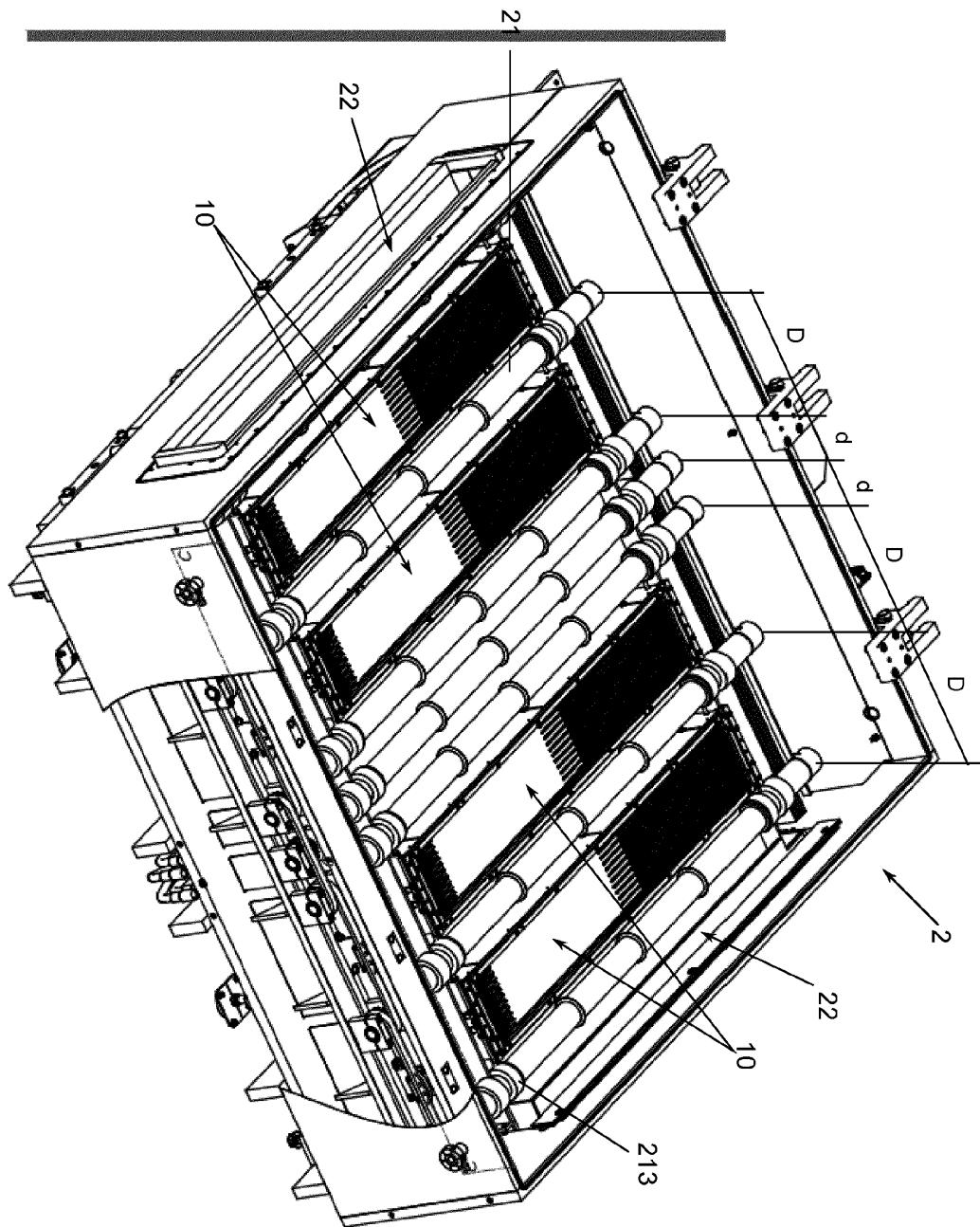
도면1



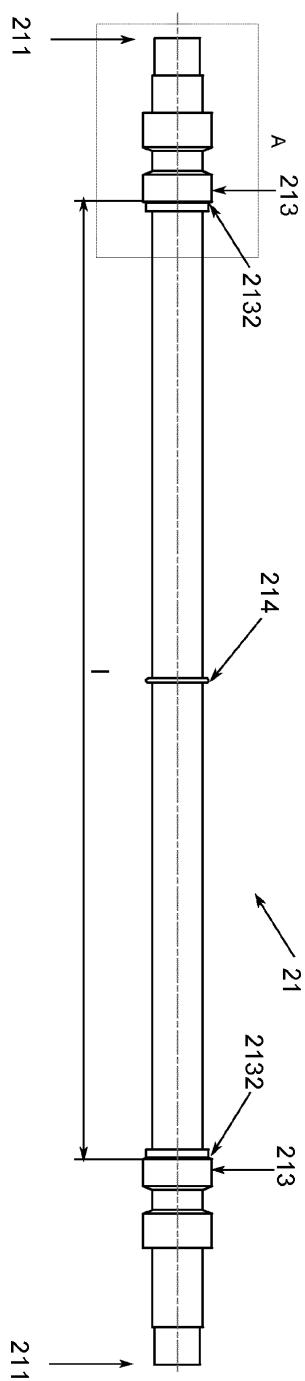
도면2



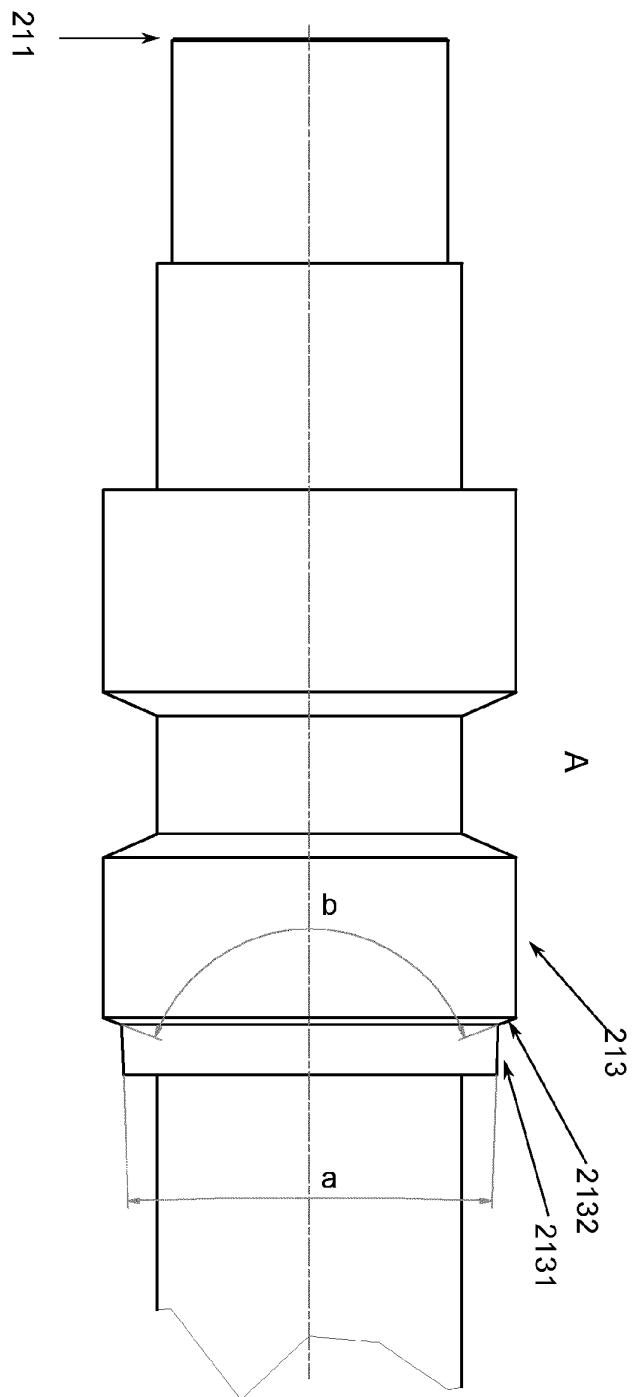
도면3



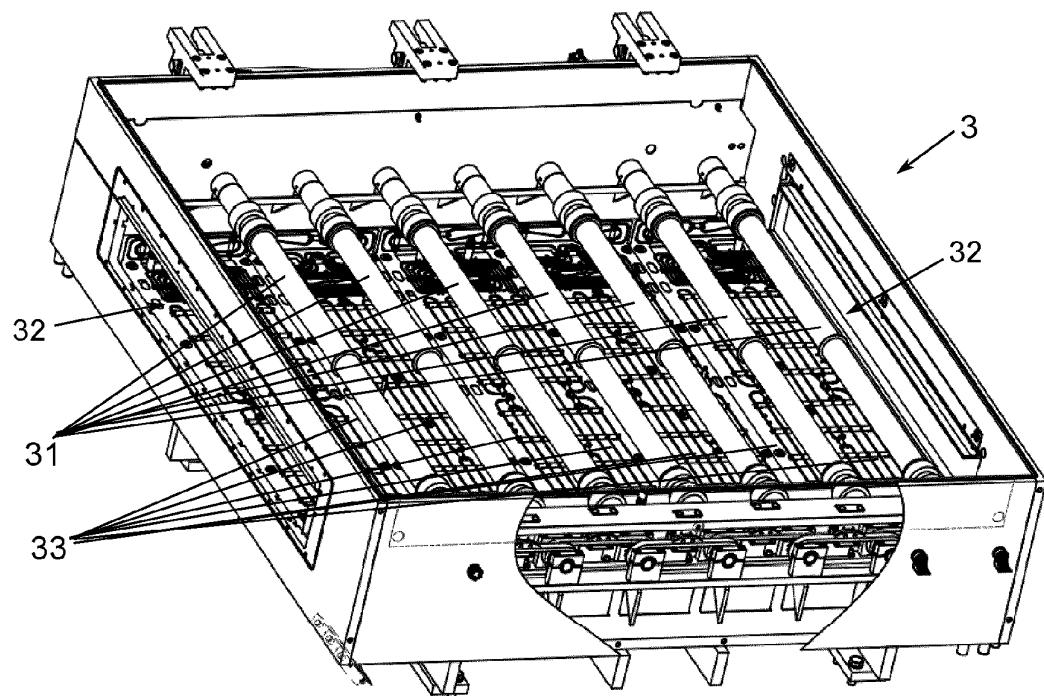
도면4



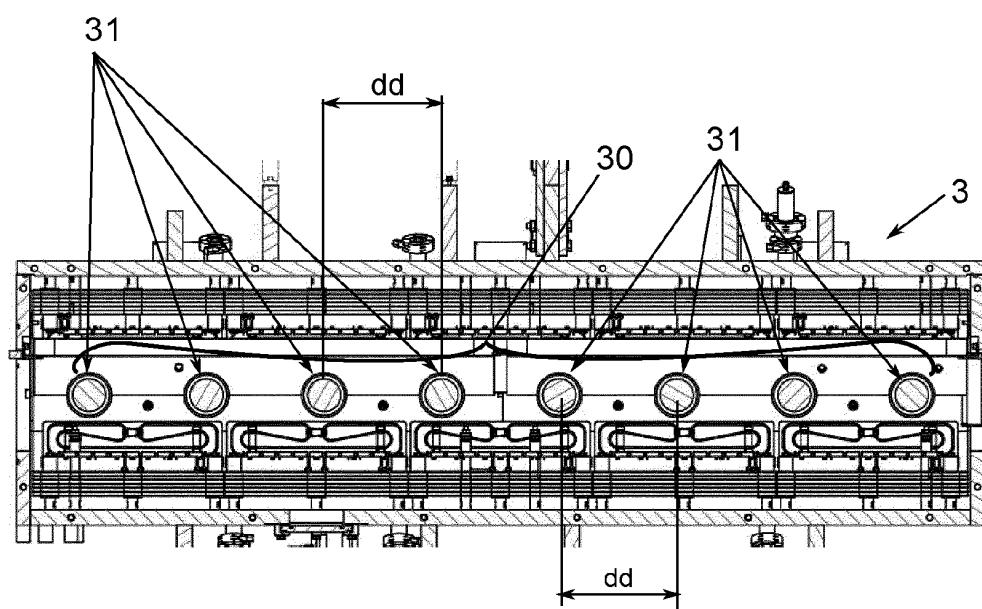
도면5



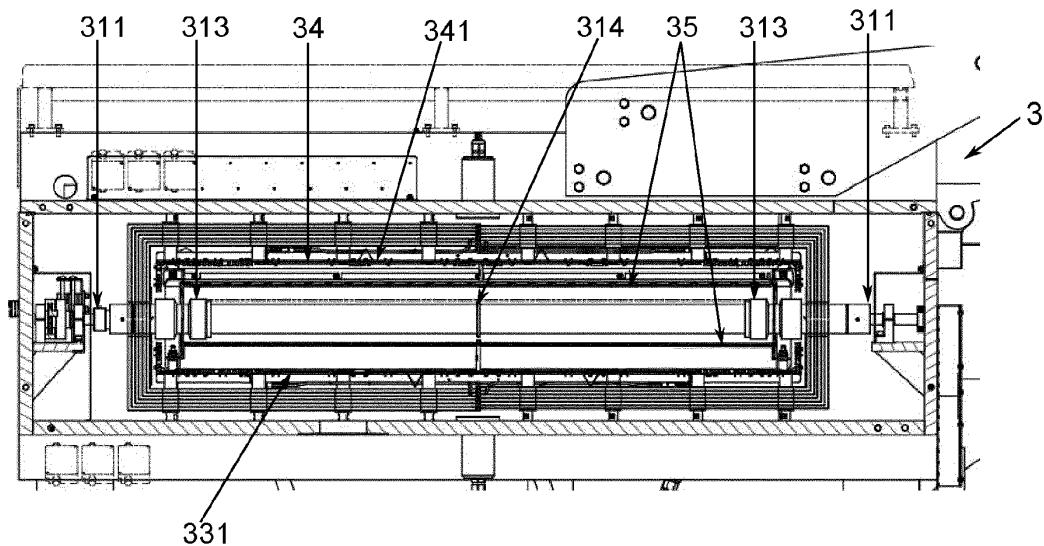
도면6



도면7



도면8



도면9

