(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2022년12월20일
(11) 등록번호 10-2479589
(24) 등록일자 2022년12월15일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C03B 33/09 (2006.01) *C03B 33/02* (2006.01)
(52) CPC특허분류
C03B 33/091 (2013.01)
C03B 33/0215 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2019-7031192
(22) 출원일자(국제) 2018년03월15일
심사청구일자 2021년02월10일
(85) 번역문제출일자 2019년10월22일
(65) 공개번호 10-2019-0124324
(43) 공개일자 2019년11월04일
(86) 국제출원번호 PCT/US2018/022606
(87) 국제공개번호 WO 2018/175193
국제공개일자 2018년09월27일
(30) 우선권주장
62/474,856 2017년03월22일 미국(US)
(56) 선행기술조사문헌
WO2016081330 A1*
(뒷면에 계속)
전체 청구항 수 : 총 10 항

(73) 특허권자
코닝 인코포레이티드
미국 뉴욕 (우편번호 14831) 코닝 원 리버프론트 플라자
(72) 발명자
아브라모프 아나톨리 아나톨예비치
미국 뉴욕 14870 페인티드 포스트 팀버 레인 27
스튜어트 크레이그 진
미국 뉴욕 14870 페인티드 포스트 케이티 레인 6
(74) 대리인
리앤목특허법인

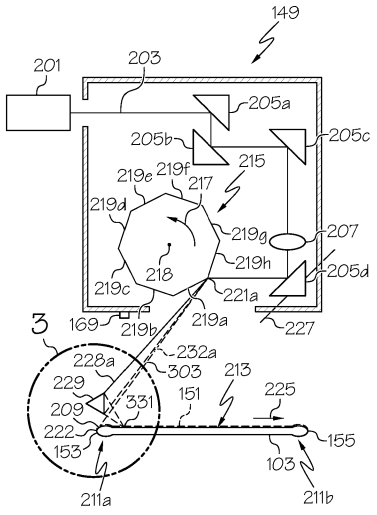
심사관 : 이영화

(54) 발명의 명칭 **유리 웹의 분리 방법들**

(57) 요 약

유리 웹 분리 방법들은 유리 웹을 손상시키지 않으면서 분리 경로를 따라 열 응력을 생성하는 레이저 빔에 상기 유리 웹 상의 상기 분리 경로를 노출시키는 단계를 포함한다. 상기 방법들은 상기 분리 경로가 상기 레이저 빔에 상기 유리 웹 상의 상기 분리 경로를 노출시키는 단계 동안 생성된 열 응력 하에 있는 동안 상기 분리 경로 상에 결함을 생성하도록 상기 레이저 빔의 일부를 재지향시키는 단계를 더 포함하며, 그 결과 상기 유리 웹은 상기 결함의 생성에 응답하여 상기 분리 경로를 따라 분리된다. 분리 경로를 가열하기 위한 레이저 빔을 생성하는 적어도 하나의 레이저 빔 발생기 및 상기 유리 웹 상의 상기 분리 경로의 위치에 결함을 생성하기 위해 상기 레이저 빔의 단부를 반사하도록 구성된 거울을 가지는 유리 웹 분리를 위한 장치가 더 제공된다.

대 표 도 - 도2



(52) CPC특허분류
C03B 33/093 (2013.01)
Y02P 40/57 (2020.08)

(56) 선행기술조사문헌
KR1020070045732 A*
WO2009084276 A1*
WO2014209833 A1
KR100918124 B1
US20090320524 A1
WO2002048059 A1
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

명 세 서

청구범위

청구항 1

유리 웹 분리 방법으로서,

유리 웹(web)을 손상시키지 않으면서 분리 경로를 따라 열 응력을 생성하도록 적어도 하나의 레이저 빔에 상기 유리 웹 상의 상기 분리 경로를 노출시키는 단계로서, 상기 적어도 하나의 레이저 빔의 일부는 상기 유리 웹의 엣지를 넘어 상기 분리 경로를 따라 연장되는, 상기 노출시키는 단계; 및

상기 분리 경로에서의 위치와 교차하도록 상기 적어도 하나의 레이저 빔의 상기 일부를 재지향시키는 단계로서, 상기 분리 경로는 상기 노출시키는 단계 동안에 상기 분리 경로를 따라 상기 열 응력을 생성하도록 가열되는 반면에, 상기 분리 경로에서의 상기 위치는 상기 재지향시키는 단계 동안에 더욱 가열되어 상기 분리 경로에서의 상기 위치에 결함을 생성하고, 그 결과 상기 유리 웹은 상기 결함의 생성에 응답하여 상기 분리 경로를 따라 분리되는, 상기 재지향시키는 단계;를 포함하는 유리 웹 분리 방법.

청구항 2

제1 항에 있어서,

상기 노출시키는 단계는 상기 분리 경로를 따라 상기 열 응력을 생성하도록 상기 분리 경로를 따라 상기 적어도 하나의 레이저 빔의 레이저 빔 스팟을 반복적으로 통과시키는 단계를 포함하며,

상기 재지향시키는 단계는 상기 결함을 생성하도록 상기 레이저 빔 스팟을 상기 분리 경로에서의 상기 위치에 반복적으로 교차시키는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 유리 웹 분리 방법.

청구항 3

제1 항에 있어서,

상기 분리 경로를 따라 소정의 수준의 상기 열 응력이 달성된 후에 상기 결함이 생성되는 것을 특징으로 하는 유리 웹 분리 방법.

청구항 4

제1 항에 있어서,

상기 열 응력을 생성하기 위해 상기 적어도 하나의 레이저 빔은 상기 분리 경로를 따라 변화하는 전력 밀도를 가하는 것을 특징으로 하는 유리 웹 분리 방법.

청구항 5

제1 항에 있어서,

상기 유리 웹은 복수의 층들을 포함하고, 상기 복수의 층들 중 한 층의 열 팽창 계수는 상기 복수의 층들 중 다른 층의 열 팽창 계수와 다른 것을 특징으로 하는 유리 웹 분리 방법.

청구항 6

제1 항에 있어서,

상기 분리 경로 전체가 상기 적어도 하나의 레이저 빔의 초점 깊이 내에 위치하도록 상기 유리 웹이 위치되는 것을 특징으로 하는 유리 웹 분리 방법.

청구항 7

유리 웹 분리 장치로서,

유리 웹의 제1 엣지로부터 상기 유리 웹의 대향하는 제2 엣지까지 연장되는 상기 유리 웹 상의 분리 경로 전체를 가열하는 적어도 하나의 레이저 빔을 생성하도록 구성된 적어도 하나의 레이저 빔 발생기; 및

상기 적어도 하나의 레이저 빔이 상기 분리 경로 전체를 가열하는 것에 대하여, 상기 유리 웹 상의 상기 분리 경로에서의 위치에 결함을 생성하기 위해 상기 분리 경로에서의 상기 위치와 교차하도록 상기 적어도 하나의 레이저 빔의 레이저 빔의 단부를 반사하도록 위치된 거울;을 포함하는 것을 특징으로 하는 유리 웹 분리 장치.

청구항 8

제7 항에 있어서,

상기 거울은 포물형 거울을 포함하는 것을 특징으로 하는 유리 웹 분리 장치.

청구항 9

제7 항에 있어서,

상기 분리 경로에서의 상기 위치와 교차하도록 상기 레이저 빔의 상기 단부를 포커싱하기 위한 렌즈를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 유리 웹 분리 장치.

청구항 10

제7 항에 있어서,

제1 축을 중심으로 회전 가능한 제1 반사 표면을 포함하는 제1 반사기를 더 포함하며, 상기 적어도 하나의 레이저 빔 발생기는 제1 레이저 빔 발생기를 포함하며, 상기 제1 레이저 빔 발생기는 상기 제1 레이저 빔 발생기가 생성한 레이저 빔이 상기 제1 반사기가 회전할 때 상기 분리 경로에서의 상기 위치와 교차하도록 상기 거울로 반복적으로 반사시키고, 상기 제1 반사기가 회전할 때 상기 유리 웹 상의 상기 분리 경로를 따라 반복적으로 통과하는 제1 레이저 빔 스팟을 생성하도록 상기 제1 반사기와 정렬되는 것을 특징으로 하는 유리 웹 분리 장치.

청구항 11

삭제

청구항 12

삭제

청구항 13

삭제

청구항 14

삭제

청구항 15

삭제

청구항 16

삭제

청구항 17

삭제

청구항 18

삭제

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

청구항 29

삭제

청구항 30

삭제

청구항 31

삭제

청구항 32

삭제

청구항 33

삭제

청구항 34

삭제

청구항 35

삭제

청구항 36

삭제

청구항 37

삭제

청구항 38

삭제

청구항 39

삭제

청구항 40

삭제

청구항 41

삭제

청구항 42

삭제

청구항 43

삭제

청구항 44

삭제

청구항 45

삭제

청구항 46

삭제

청구항 47

삭제

청구항 48

삭제

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 개시는 개괄적으로 유리 웹(web)을 분리하는 방법들, 및 보다 구체적으로 열 응력 하의 분리 경로 상에 결함을 생성하며, 상기 결함의 생성에 반응하여 상기 유리 웹이 상기 분리 경로를 따라 분리됨으로써 유리 웹을 분리하는 방법들에 관한 것이다.

[0002] 본 출원은 2017년 3월 22일 출원된 미국 가출원 제62/474,856호의 우선권의 이익을 주장하며, 그 내용은 보증되

며 마치 아래에 완전히 개시된 것처럼 그 전문이 참조에 의해 본 명세서에 결합된다.

배 경 기 술

[0003] 원하는 치수를 가지는 유리 시트를 얻기 위하여 유리 리본을 분리하는 것이 공지되어 있다. 통상적인 분리 기술들은 상기 유리 리본이 정지되어 있는 동안 분리가 이루어진다. 추가적인 통상적인 분리 기술들은 상기 유리 리본이 움직이는 동안 분리가 이루어지며, 이로써 상기 유리 리본으로부터 상기 유리 시트를 분리하는 동안 이동 방향을 따른 상기 유리 리본의 중단되지 않는 횡단을 피한다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0004] 본 발명이 해결하려는 과제는 유리 웹을 분리하는 방법을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0005] 다음은 상세한 설명에 설명된 일부 실시예들에 대한 기초적인 이해를 제공하기 위하여 본 개시의 간략화된 요약을 나타낸다. 본 개시의 일부 예시적인 실시예들이 상기 실시예들 중 임의의 것이 단독으로 또는 서로 결합하여 사용될 수 있다는 이해 하에 아래 설명된다.

[0006] 실시예 1. 유리 웹 분리 방법은 유리 웹을 손상시키지 않으면서 분리 경로를 따라 열 응력을 생성하기 위하여 적어도 하나의 레이저 빔에 상기 유리 웹 상의 상기 분리 경로를 노출시키는 단계를 포함할 수 있다. 상기 방법은 상기 분리 경로가 상기 적어도 하나의 레이저 빔에 상기 유리 웹 상의 상기 분리 경로를 노출시키는 상기 단계 동안 생성된 열 응력 하에 있는 동안 상기 분리 경로 상에 결함을 생성하기 위해 상기 적어도 하나의 레이저 빔의 일부를 재지향시키는 단계를 포함할 수 있으며, 그 결과 상기 유리 웹은 상기 결함의 생성에 응답하여 상기 분리 경로를 따라 분리된다.

[0007] 실시예 2. 실시예 1의 방법에 있어서, 상기 결함을 생성하기 위하여 상기 레이저 경로의 상기 일부를 재지향시키기 위하여 상기 재지향시키는 단계 동안 상기 적어도 하나의 레이저 빔의 상기 일부는 반사 표면으로부터 반사된다.

[0008] 실시예 3. 실시예 1 및 2 중 임의의 하나의 방법에 있어서, 상기 적어도 하나의 레이저 빔의 상기 일부가 상기 결함을 생성하도록 포커싱된다.

[0009] 실시예 4. 실시예 1 내지 3 중 임의의 하나의 방법에 있어서, 상기 적어도 하나의 레이저 빔에 상기 유리 웹 상의 상기 분리 경로를 노출시키는 동안 상기 결함이 생성된다.

[0010] 실시예 5. 실시예 1 내지 4 중 임의의 하나의 방법에 있어서, 상기 적어도 하나의 레이저 빔에 상기 유리 웹 상의 상기 분리 경로를 노출시키는 동안 상기 분리 경로를 따라 소정의 수준의 열 응력이 달성된 후에 상기 결함이 생성된다.

[0011] 실시예 6. 실시예 1 내지 5 중 임의의 하나의 방법에 있어서, 상기 유리 웹은 제1 엣지 및 상기 제1 엣지와 대향하는 제2 엣지를 포함하고, 상기 분리 경로는 상기 제1 엣지로부터 상기 제2 엣지까지 연장된다.

[0012] 실시예 7. 실시예 6의 방법에 있어서, 상기 결함은 상기 제1 엣지와 상기 제2 엣지 사이에 생성된다.

[0013] 실시예 8. 실시예 6의 방법에 있어서, 상기 결함은 상기 유리 웹의 상기 제1 엣지와 상기 제2 엣지 중 하나로부터 일정 거리에 생성되고, 상기 거리는 0 ㎜ 내지 약 25 ㎜ 이다.

[0014] 실시예 9. 실시예 6 내지 8 중 임의의 하나의 방법에 있어서, 상기 적어도 하나의 레이저 빔에 상기 유리 웹 상의 상기 분리 경로를 노출시키는 동안 상기 적어도 하나의 레이저 빔은 상기 유리 웹의 상기 제1 엣지와 상기 제2 엣지 중 적어도 하나로부터 연장되는 빔 경로를 이동한다.

[0015] 실시예 10. 실시예 6 내지 9 중 임의의 하나의 방법에 있어서, 상기 적어도 하나의 레이저 빔에 상기 유리 웹 상의 상기 분리 경로를 노출시키는 상기 단계는 상기 유리 웹의 주표면 상의 대응하는 빔 스팟에 상기 적어도 하나의 레이저 빔을 교차시키는 단계 및 상기 분리 경로를 따라 상기 열 응력을 생성하기 위해 상기 분리 경로를 따라 상기 빔 스팟을 반복적으로 통과시키는 단계를 포함한다.

[0016] 실시예 11. 실시예 10의 방법에 있어서, 상기 빔 스팟을 반복적으로 통과시키는 단계는 단일 방향으로 상기 빔

스팟을 반복적으로 통과시키는 단계를 포함한다.

[0017] 실시예 12. 실시예 11의 방법에 있어서, 상기 단일 방향은 상기 유리 웹의 상기 제1 엣지로부터 상기 제2 엣지를 향해 연장되는 방향을 포함하고, 상기 결함은 상기 제2 엣지보다 상기 제1 엣지에 더 가깝게 생성된다.

[0018] 실시예 13. 실시예 1 내지 12 중 임의의 하나의 방법에 있어서, 상기 열 응력을 생성하기 위해 상기 적어도 하나의 레이저 빔은 상기 분리 경로를 따라 변화하는 전력 밀도를 가한다.

[0019] 실시예 14. 실시예 1 내지 13 중 임의의 하나의 방법에 있어서, 복수의 레이저 빔들이 상기 분리 경로를 따라 상기 열 응력을 생성하며, 각각의 레이저 빔은 상기 분리 경로의 대응하는 세그먼트를 따라 열 응력을 생성한다.

[0020] 실시예 15. 실시예 14의 방법에 있어서, 상기 분리 경로의 각각의 세그먼트는 상기 분리 경로의 적어도 하나의 인접한 세그먼트와 중첩한다.

[0021] 실시예 16. 실시예 1 내지 5 중 임의의 하나의 방법에 있어서, 상기 유리 웹은 유리 시트를 포함하고, 상기 분리 경로는 상기 유리 시트의 길이를 따라 연장되고, 상기 분리 경로를 따른 상기 분리는 상기 유리 시트의 중심부로부터 상기 유리 시트의 엣지부를 분리한다.

[0022] 실시예 17. 실시예 1 내지 15 중 임의의 하나의 방법에 있어서, 상기 유리 웹은 유리 리본을 포함하며, 상기 분리 경로는 상기 유리 리본의 폭을 따라 연장되며, 상기 분리 경로를 따른 상기 분리는 상기 유리 리본으로부터 유리 시트를 분리한다.

[0023] 실시예 18. 실시예 1 내지 17 중 임의의 하나의 방법에 있어서, 상기 유리 웹은 복수의 층들을 포함하고, 상기 복수의 층들 중 한 층의 열 팽창 계수는 상기 복수의 층들 중 다른 층의 열 팽창 계수와 다르다.

[0024] 실시예 19. 실시예 1 내지 18 중 임의의 하나의 방법에 있어서, 상기 분리 경로 전체가 상기 레이저 빔의 초점 깊이 내에 위치하도록 상기 유리 웹이 위치된다.

[0025] 실시예 20. 상기 레이저 빔의 상기 초점 깊이는 약 20㎜ 내지 약 400㎜ 범위이다.

[0026] 실시예 21. 유리 웹 분리 방법은 이동하는 유리 웹의 운반 방향으로의 유리 웹 속도 벡터를 포함하는 유리 웹 속도로 상기 유리 웹을 이동시키는 단계를 포함할 수 있다. 상기 방법은 상기 분리 경로를 따라 열 응력을 생성하기 위해 적어도 하나의 레이저 빔에 의해 생성된 적어도 하나의 레이저 빔 스팟에 상기 유리 웹 상의 분리 경로를 노출시키는 단계를 더 포함할 수 있으며, 상기 분리 경로는 상기 운반 방향을 가로지르는 방향으로 연장된다. 상기 방법은 상기 유리 웹 속도 벡터와 같은 상기 운반 방향으로의 레이저 빔 스팟 속도 벡터를 포함하는 레이저 빔 스팟 속도로 상기 레이저 빔 스팟을 이동시키는 단계를 더 포함할 수 있으며, 상기 유리 웹이 상기 유리 웹 속도로 이동하는 동안 상기 분리 경로는 상기 분리 경로를 따라 열 응력을 지속적으로 생성하기 위해 상기 레이저 빔 스팟에 지속적으로 노출된다. 상기 방법은 상기 분리 경로가 상기 분리 경로를 노출시키고 상기 레이저 빔 스팟을 이동시키는 단계 동안 생성된 열 응력 하에 있는 동안 상기 분리 경로 상에 결함을 생성하기 위해 상기 적어도 하나의 레이저 빔의 일부를 재지향시키는 단계를 더 포함할 수 있으며, 그 결과 상기 유리 웹은 상기 결함의 생성에 응답하여 상기 분리 경로를 따라 분리된다.

[0027] 실시예 22. 실시예 21의 방법에 있어서, 상기 결함을 생성하기 위해 상기 적어도 하나의 레이저 빔의 상기 일부를 재지향시키기 위해 상기 재지향시키는 단계 동안 상기 적어도 하나의 레이저 빔의 상기 일부는 반사 표면으로부터 반사된다.

[0028] 실시예 23. 실시예 21 및 22 중 임의의 하나의 방법에 있어서, 상기 적어도 하나의 레이저 빔의 상기 일부가 상기 결함을 생성하도록 포커싱된다.

[0029] 실시예 24. 실시예 21 내지 23 중 임의의 하나의 방법에 있어서, 상기 레이저 빔 스팟을 이동시키는 상기 단계는 상기 레이저 빔 스팟이 상기 레이저 빔 스팟 속도 벡터로 이동하도록 회전하는 반사 표면으로부터 상기 적어도 하나의 레이저 빔을 반사시키는 단계를 포함한다.

[0030] 실시예 25. 실시예 21 내지 24 중 임의의 하나의 방법에 있어서, 상기 분리 경로를 노출시키는 상기 단계 및 상기 레이저 빔 스팟을 이동시키는 상기 단계 동안 상기 분리 경로를 따라 상기 열 응력을 생성하기 위해 상기 운반 방향을 가로지르는 방향으로 상기 분리 경로를 따라 상기 레이저 빔 스팟을 반복적으로 통과시키는 단계를 더 포함한다.

[0031] 실시예 26. 실시예 25의 방법에 있어서, 상기 레이저 빔 스팟 속도가 상기 운반 방향을 가로지르는 상기 방향으로 다른 레이저 빔 스팟 속도 벡터를 포함하며, 상기 유리 웹이 상기 유리 웹 속도로 이동하는 동안 및 상기 레이저 빔 스팟이 상기 운반 방향을 가로지르는 상기 방향으로 상기 분리 경로를 따라 지속하여 반복적으로 통과하는 동안 상기 분리 경로를 따라 열 응력을 지속적으로 생성하기 위해 상기 분리 경로가 상기 레이저 빔 스팟에 지속적으로 노출되도록 상기 레이저 빔 스팟은 상기 운반 방향 및 상기 운반 방향을 가로지르는 상기 방향으로 이동한다.

[0032] 실시예 27. 실시예 26의 방법에 있어서, 상기 레이저 빔 스팟을 이동시키는 단계는 상기 레이저 빔 스팟이 상기 운반 방향을 가로지르는 상기 방향으로 상기 분리 경로를 따라 반복적으로 통과하도록 제1 축을 중심으로 회전하는 제1 반사 표면으로부터 상기 적어도 하나의 레이저 빔을 반사시키는 단계, 및 상기 레이저 빔 스팟이 상기 유리 웹의 상기 운반 방향으로 상기 레이저 빔 속도 벡터로 이동하도록 제2 축을 중심으로 회전하는 제2 반사 표면으로부터 상기 적어도 하나의 레이저 빔을 반사시키는 단계를 포함한다.

[0033] 실시예 28. 실시예 27의 방법에 있어서, 상기 적어도 하나의 레이저 빔은 상기 제2 반사 표면 전에 상기 제1 반사 표면으로부터 반사된다.

[0034] 실시예 29. 실시예 27의 방법에 있어서, 상기 적어도 하나의 레이저 빔은 상기 제1 반사 표면 전에 상기 제2 반사 표면으로부터 반사된다.

[0035] 실시예 30. 실시예 27 내지 29 중 임의의 하나의 방법에 있어서, 상기 제1 축은 상기 제2 축에 수직하다.

[0036] 실시예 31. 실시예 25 내지 30 중 임의의 하나의 방법에 있어서, 상기 빔 스팟을 반복적으로 통과시키는 상기 단계는 상기 운반 방향을 가로지르는 단일 방향으로 상기 빔 스팟을 반복적으로 통과시키는 단계를 포함한다.

[0037] 실시예 32. 실시예 31의 방법에 있어서, 상기 단일 방향은 상기 유리 웹의 제1 엣지로부터 제2 엣지를 향해 연장되는 방향을 포함하고, 상기 결함은 상기 제2 엣지보다 상기 제1 엣지에 더 가깝게 생성된다.

[0038] 실시예 33. 실시예 21 내지 32 중 임의의 하나의 방법에 있어서, 상기 레이저 빔 스팟이 상기 레이저 빔 스팟 속도로 이동하는 동안 상기 결함이 생성된다.

[0039] 실시예 34. 실시예 21 내지 33 중 임의의 하나의 방법에 있어서, 상기 레이저 빔 스팟을 이동시키는 상기 단계 동안 상기 분리 경로를 따라 소정의 수준의 열 응력이 달성된 후에 상기 결함이 생성된다.

[0040] 실시예 35. 실시예 21 내지 34 중 임의의 하나의 방법에 있어서, 상기 적어도 하나의 레이저 빔 스팟은 각각이 상기 분리 경로를 노출시키는 상기 단계 동안 상기 분리 경로의 대응하는 세그먼트를 따라 열 응력을 생성하는 복수의 레이저 빔 스팟들을 포함한다.

[0041] 실시예 36. 실시예 35의 방법에 있어서, 상기 분리 경로의 각각의 세그먼트가 상기 분리 경로의 적어도 하나의 인접한 세그먼트의 일부와 중첩된다.

[0042] 실시예 37. 실시예 21 내지 36 중 임의의 하나의 방법에 있어서, 상기 유리 웹은 길이 및 폭을 포함하며, 상기 운반 방향은 상기 유리 웹의 상기 길이의 방향이다.

[0043] 실시예 38. 실시예 21 내지 36 중 임의의 하나의 방법에 있어서, 상기 유리 웹은 성형체로부터 드로우된 유리 리본을 포함하며, 상기 운반 방향은 상기 유리 리본의 드로우 방향이다.

[0044] 실시예 39. 유리 웹 분리 장치는 분리 경로를 따라 가로지르는 레이저 빔을 생성하기 위한 적어도 하나의 레이저 빔 발생기를 포함할 수 있으며, 상기 레이저 빔은 상기 유리 웹의 제1 엣지로부터 상기 유리 웹의 대향하는 제2 엣지까지 연장되는 상기 분리 경로 전체를 가열한다. 상기 장치는 상기 유리 웹 상의 상기 분리 경로의 위치에 결함을 생성하기 위해 상기 레이저 경로의 단부를 반사하도록 구성된 거울을 더 포함할 수 있다.

[0045] 실시예 40. 실시예 39의 장치에 있어서, 상기 거울은 포물형 거울을 포함한다.

[0046] 실시예 41. 실시예 39의 장치에 있어서, 상기 레이저 경로의 상기 단부를 포커싱하도록 구성된 렌즈를 더 포함한다.

[0047] 실시예 42. 실시예 39 내지 41 중 임의의 하나의 장치에 있어서, 제1 축을 중심으로 회전 가능한 제1 반사 표면을 포함하는 제1 반사기를 더 포함한다. 이 실시예에서, 상기 제1 반사기가 회전될 때 상기 적어도 하나의 레이저 빔 발생기에 의해 생성된 레이저 빔이 상기 유리 웹 상의 상기 분리 경로를 따른 레이저 경로 내에 반복적으로 통과하는 레이저 빔 스팟을 생성하도록 상기 레이저 빔 발생기는 상기 제1 반사기와 정렬될 수 있다.

[0048] 실시예 43. 유리 웹 분리 장치는 적어도 하나의 레이저 빔 발생기 및 제1 축을 중심으로 회전 가능한 제1 반사 표면을 포함하는 제1 반사기를 포함한다. 상기 제1 반사기가 회전될 때, 상기 적어도 하나의 레이저 빔 발생기에 의해 생성된 레이저 빔이 상기 유리 웹 상의 분리 경로를 따라 반복적으로 통과하는 레이저 빔 스팟을 생성하도록 상기 레이저 빔 발생기는 상기 제1 반사기와 정렬된다. 상기 장치는 제2 축을 중심으로 회전 가능한 제2 반사 표면을 포함하는 제2 반사기를 더 포함한다. 상기 제2 반사기가 회전될 때, 상기 레이저 빔 스팟이 상기 유리 웹의 운반 방향으로 이동하도록 상기 제2 반사기가 상기 제1 반사기와 정렬된다. 상기 레이저 빔 발생기에 의해 생성된 상기 레이저 빔이 상기 제2 반사기의 상기 제2 반사 표면으로부터 반사되기 전에 상기 제1 반사기의 상기 제1 반사 표면으로부터 반사되도록 상기 제1 반사기는 상기 제2 반사기로부터 상류에 위치된다. 상기 장치는 상기 유리 웹 상의 상기 분리 경로의 위치에 결함을 생성하기 위해 상기 레이저 경로의 단부를 반사하도록 구성된 거울을 더 포함한다.

[0049] 실시예 44. 실시예 43의 장치에 있어서, 상기 거울은 포물형 거울을 포함한다.

[0050] 실시예 45. 실시예 43의 장치에 있어서, 상기 레이저 경로의 상기 단부를 포커싱하도록 구성된 렌즈를 더 포함한다.

[0051] 실시예 46. 적어도 하나의 레이저 빔 발생기, 제1 반사기, 및 제2 반사기를 포함하는 유리 웹 분리 장치. 상기 제2 반사기는 제2 축을 중심으로 회전 가능한 제2 반사 표면을 포함한다. 상기 제2 반사기가 회전될 때 상기 적어도 하나의 레이저 빔 발생기에 의해 생성된 레이저 빔이 상기 유리 웹의 운반 방향으로 이동하는 레이저 빔 스팟의 레이저 경로를 생성하도록 상기 레이저 빔 발생기는 상기 제2 반사기와 정렬된다. 상기 제1 반사기는 제1 축을 중심으로 회전 가능한 제1 반사 표면을 포함한다. 상기 제1 반사기가 회전될 때, 상기 적어도 하나의 레이저 빔에 의해 생성된 상기 레이저 빔 스팟이 상기 유리 웹 상의 분리 경로를 따라 반복적으로 통과하도록 상기 제1 반사기는 상기 제2 반사기와 정렬된다. 상기 레이저 빔 발생기에 의해 생성된 상기 레이저 빔이 상기 제1 반사기의 상기 제1 반사 표면으로부터 반사되기 전에 상기 제2 반사기의 상기 제2 반사 표면으로부터 반사되도록 상기 제2 반사기는 상기 제1 반사기로부터 상류에 위치된다. 상기 장치는 상기 유리 웹 상의 상기 분리 경로의 위치에 결함을 생성하기 위해 상기 레이저 경로의 단부를 반사하도록 구성된 거울을 더 포함한다.

[0052] 실시예 47. 실시예 46의 장치에 있어서, 상기 거울은 포물형 거울을 포함한다.

[0053] 실시예 48. 실시예 46의 장치에 있어서, 상기 레이저 경로의 상기 단부를 포커싱하도록 구성된 렌즈를 더 포함한다.

도면의 간단한 설명

[0054] 본 개시의 이들 및 다른 특징들, 양상들 및 이점들은 이하의 상세한 설명이 첨부된 도면들을 참조하여 읽혀질 때 보다 잘 이해된다.

도 1은 유리 리본을 드로우하도록 구성된 퓨전 다운 드로우 장치 및 예시적인 유리 리본 분리 장치의 개략도이다.

도 2는 도 1의 2-2 선을 따른 예시적인 유리 분리 장치의 단면 개략도이며, 여기서 레이저 빔은 상기 유리 리본 상의 분리 경로의 상류 단부를 노출시킨다.

도 3은 도 2의 뷰 3의 개략적인 거울의 확대도이다.

도 4는 상기 유리 리본 상의 상기 분리 경로의 중간 위치를 노출시키는 상기 레이저 빔을 도시한다.

도 5는 상기 유리 리본 상의 상기 분리 경로의 하류 단부를 노출시키는 상기 레이저 빔을 도시한다.

도 6은 상기 레이저 빔의 초점 깊이 내에 위치되는 상기 유리 리본 상의 상기 경로를 도시한다.

도 7은 상기 유리 리본의 상기 분리 경로를 따라 변화하는 전력 밀도를 도시하는 도 6의 상기 유리 리본의 측면도이다.

도 8은 상기 분리 경로 상의 상기 유리 리본 내에 결함을 형성하는 단계를 도시한다.

도 9는 상기 분리 경로가 상기 분리 경로의 대응하는 세그먼트를 따라 열응력을 각각 생성하는 복수의 레이저 빔들에 노출되는 다른 실시예를 도시한다.

도 10은 상류 위치에서 상기 유리 리본 상의 분리 경로를 노출시키는 장치의 사시 개략도이다.

도 11은 중간 위치에서 상기 분리 경로를 노출시키는 도 10의 상기 장치의 사시 개략도이다.

도 12는 하류 위치에서 상기 분리 경로를 노출시키는 도 10의 상기 장치의 사시 개략도이다.

도 13은 상기 분리 경로가 열 응력하에 있는 동안 상기 분리 경로 상에 생성되는 결함에 응답하여 상기 분리 경로를 따라 상기 유리 리본으로부터 상기 유리 시트를 분리하는 상기 유리 리본과, 도 12의 상기 장치의 사시 개략도이다.

도 14는 상류 위치에서 상기 유리 리본 상의 분리 경로를 노출시키는 다른 장치의 사시 개략도이다.

도 15는 중간 위치에서 상기 분리 경로를 노출시키는 도 14의 상기 장치의 사시 개략도이다.

도 16은 하류 위치에서 상기 분리 경로를 노출시키는 도 14의 상기 장치의 사시 개략도이다.

도 17은 상기 분리 경로가 열 응력 하에 있는 동안 상기 분리 경로 상에 생성되는 결함에 반응하여 상기 분리 경로를 따라 상기 유리 리본으로부터 상기 유리 시트를 분리하는 상기 유리 리본과, 도 16의 상기 장치의 사시 개략도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0055] 이제 장치 및 방법들이 본 개시의 예시적인 실시예들이 도시된 첨부된 도면들을 참조하여 이하에서 보다 상세히 설명될 것이다. 도면들에 걸쳐 가능한 동일한 참조번호들이 동일하거나 유사한 부분들을 지칭하기 위해 사용되었다. 그러나, 본 개시는 많은 상이한 형태들로 구현될 수 있으며, 본 명세서에 제시된 실시예들에 한정되는 것으로 해석되어서는 안된다.

[0056] 본 명세서에 개시된 특정한 실시예들은 예시적이며 따라서 비제한적으로 의도된다는 것이 이해될 것이다. 이와 같이, 본 개시는 유리 웹(web)을 분리하는 방법들 및 장치에 관한 것이다. 일부 실시예들에서, 상기 유리 웹은 임의의 유리 성형 공정 또는 유리 제조 공정으로부터 성형된 유리 리본을 포함할 수 있다. 상기 유리 리본은 유리 성형 장치 또는 유리 제조 장치로부터 바로 제공될 수 있거나, 코어 상으로 말리거나 감길 수 있는 유리 리본의 스풀(spool)로 제공될 수 있거나, 프리스탠딩 유리 리본으로 제공될 수 있다. 다른 실시예들에서, 상기 유리 웹은 임의의 유리 성형 공정 또는 유리 제조 공정에 의해 성형된 유리 시트를 포함할 수 있다. 상기 유리 시트는 유리 리본으로부터 분리된 유리 시트로, 다른 유리 시트로부터 분리된 유리 시트로, 코어 상으로 말리거나 감긴 하나 이상의 유리 시트들의 스풀로, 유리 시트들의 스택으로, 또는 프리스탠딩 유리 시트로 제공된 하나 이상의 유리 시트들로 제공될 수 있다.

[0057] 상기 유리 웹은 본 명세서에 개시된 실시예들에 따라 분리되어 하나 이상의 추가적인 유리 웹들을 형성할 수 있다. 일부 실시예들에서, 상기 유리 웹으로부터 분리된 상기 하나 이상의 추가적인 유리 웹들은 유리 리본을 포함할 수 있다. 상기 유리 리본은 유리 성형 장치 또는 유리 제조 장치로부터 바로 제공된 유리 리본으로부터 분리될 수 있거나, 코어 상으로 말리거나 감길 수 있는 유리 리본의 스풀로서 제공되는 유리 리본으로부터 분리될 수 있거나, 또는 프리스탠딩 유리 리본으로서 제공되는 유리 리본으로부터 분리될 수 있다. 다른 실시예들에서, 상기 유리 웹으로부터 분리된 하나 이상의 추가적인 유리 웹들은 유리 시트를 포함할 수 있다. 상기 유리 시트는 유리 성형 장치 또는 유리 제조 장치로부터 바로 제공되는 유리 리본으로부터 분리될 수 있거나, 코어 상으로 말리거나 감길 수 있는 유리 리본의 스풀로서 제공되는 유리 리본으로부터 분리될 수 있거나, 또는 프리스탠딩 유리 리본으로서 제공된 유리 리본으로부터 분리될 수 있다. 또 다른 실시예들에서, 상기 유리 시트는 유리 리본으로부터 분리된 유리 시트로서 제공되는 유리 시트로부터 분리될 수 있거나, 다른 유리 시트로부터 분리된 유리 시트로서 제공되는 유리 시트로부터 분리될 수 있거나, 코어 상으로 말리거나 감긴 하나 이상의 유리 시트들의 스풀로서 제공되는 유리 시트로부터 분리될 수 있거나, 유리 시트들의 스택으로서 제공된 유리 시트로부터 분리될 수 있거나, 또는 프리스탠딩 유리 시트로서 제공된 유리 시트로부터 분리될 수 있다.

[0058] 추가적인 실시예들에서, 상기 유리 웹은 상기 유리 웹의 나머지로부터 엣지부를 제거하기 위해 분리될 수 있다. 예를 들어, 상기 엣지부는 폐기되거나 추가적인 용도들로 더 가공될 수 있다.

[0059] 상기 유리 웹으로부터 분리된 유리 시트들은 원하는 디스플레이 용도들로의 추가적인 가공에 적합할 수 있다. 상기 유리 시트들은 액정 디스플레이들(LCDs), 전기영동 디스플레이들(EPD), 유기 발광 다이오드 디스플레이들(OLEDs), 플라즈마 디스플레이 패널들(PDPs) 등을 포함하는 넓은 범위의 디스플레이 용도들에 사용될 수 있다. 유리 시트들은 하나의 장소로부터 다른 장소로 수송될 필요가 있을 수 있다. 상기 유리 시트들은 유리 시트들의 스택을 제자리에 고정시키도록 고안된 통상적인 지지 프레임을 사용하여 수송될 수 있다. 또한, 접촉을 막고 따

라서 상기 유리 시트들의 초기의 개끗한 표면들을 보존하는 것을 돕기 위해 인터리프(interleaf) 물질이 각 유리 시트 사이에 놓일 수 있다.

[0060] 분리되는 상기 유리 웹이 유리 리본을 포함하는 일부 실시예들이 이제 설명될 것이나, 본 개시의 장치 및 방법들은 이에 제한되지 않는다. 실제로, 본 개시의 장치 및 방법들은 위에 논의된 상기 유리 웹들과 같은 임의의 다양한 유리 웹들을 분리하기 위해 사용될 수 있다.

[0061] 일부 실시예들에서, 유리 리본을 포함하는 유리 웹을 분리하는 방법들은 상기 유리 리본을 제조하도록 구성된 유리 제조 장치와 함께 사용될 수 있으나, 추가적인 실시예들에서 다른 유리 가공 장치가 제공될 수 있다. 일부 실시예들에서, 상기 유리 제조 장치는 슬롯 드로우(slot draw) 장치, 플로트 배쓰(float bath) 장치, 다운 드로우(down-draw) 장치, 업 드로우(up-draw) 장치, 프레스-롤링(press-roling) 장치, 또는 다른 유리 리본 제조 장치를 포함할 수 있다. 예로서, 도 1은 이후의 분리, 예를 들어 다른 유리 웹 예컨대 도시된 유리 시트(104)로의 분리를 위해 유리 리본(103)을 퓨전 드로우하기 위한 퓨전 다운 드로우 장치(101)를 포함하는 다량의 유리 용융물을 가공하기 위한 장치를 개략적으로 도시한다. 상기 퓨전 다운 드로우 장치(101)는 저장 통(109)으로부터 배치 물질(107)을 수용하는 용융 용기(105)를 포함할 수 있다. 상기 배치 물질(107)은 모터(113)에 의해 구동되는 배치 운반 장치(111)에 의해 투입될 수 있다. 선택적인 제어기(115)는 상기 모터(113)를 활성화시켜 화살표(117)에 의해 표시된 바와 같이 원하는 양의 배치 물질(107)을 상기 용융 용기(105) 내로 투입하는데 사용될 수 있다. 유리 용융물 프로브(119)는 스탠드파이프(standpipe)(123) 내의 유리 용융물(121) 레벨을 측정하고 통신 라인(125)을 통해 측정된 정보를 상기 제어기(115)에 통신하는데 사용될 수 있다.

[0062] 상기 퓨전 다운 드로우 장치(101)는 또한 상기 용융 용기(105)로부터 하류에 위치하고 상기 용융 용기(105)에 제1 연결 도관(129)을 통해 결합되는 청징 용기(fining vessel)(127)와 같은 제1 컨디셔닝 스테이션을 포함할 수 있다. 일부 실시예들에서, 용융 물질(121)은 상기 제1 도관(129)을 통해 상기 용융 용기(105)로부터 상기 청징 용기(127)로 중력에 의해 투입될 수 있다. 예를 들어, 중력은 상기 용융 용기(105)로부터 상기 청징 용기(127)로 상기 제1 연결 도관(129)의 내부 경로를 통해 상기 유리 용융물을 몰아갈 수 있다. 상기 청징 용기(127) 내에서, 다양한 기술들에 의해 상기 유리 용융물로부터 기포들이 제거될 수 있다.

[0063] 상기 퓨전 다운 드로우 장치(101)는 상기 청징 용기(127)로부터 하류에 위치할 수 있는 유리 용융물 혼합 용기(131)와 같은 제2 컨디셔닝 스테이션을 더 포함할 수 있다. 상기 유리 용융물 혼합 용기(131)는 균질한 유리 용융물 조성을 제공하여, 이로써 그렇게 하지 않은 경우 상기 청징 용기를 빠져나가는 청징된 유리 용융물 내에 존재할 수 있는 불균질성의 굴레를 감소시키거나 제거하는데 사용될 수 있다. 도시된 바와 같이, 상기 청징 용기(127)는 제2 연결 도관(135)을 통해 상기 유리 용융물 혼합 용기(131)에 결합될 수 있다. 일부 실시예들에서, 유리 용융물은 상기 제2 연결 도관(135)을 통해 상기 청징 용기(127)로부터 상기 유리 용융물 혼합 용기(131)로 중력에 의해 공급될 수 있다. 예를 들어, 중력은 상기 유리 용융물이 상기 청징 용기(127)로부터 상기 유리 용융물 혼합 용기(131)로 상기 제2 연결 도관(135)의 내부 경로를 통과하도록 몰아갈 수 있다.

[0064] 상기 퓨전 다운 드로우 장치(101)는 상기 유리 용융물 혼합 용기(131)로부터 하류에 위치할 수 있는 운반 용기(delivery vessel)(133)와 같은 다른 컨디셔닝 스테이션을 더 포함할 수 있다. 상기 운반 용기(133)는 성형 장치 내로 공급되는 상기 유리를 컨디셔닝할 수 있다. 예를 들어, 상기 운반 용기(133)는 상기 성형 용기로의 유리 용융물의 지속적인 유동을 조절 및 제공하기 위한 어큐뮬레이터(accumulator) 및/또는 유동 제어기로서 역할할 수 있다. 도시된 바와 같이, 상기 유리 용융물 혼합 용기(131)는 제3 연결 도관(137)을 통해 상기 운반 용기(133)에 결합될 수 있다. 일부 실시예들에서, 유리 용융물은 상기 제3 연결 도관(137)을 통해 상기 유리 용융물 혼합 용기(131)로부터 상기 운반 용기(133)로 중력에 의해 공급될 수 있다. 예를 들어, 중력은 유리 용융물 혼합 용기(131)로부터 상기 운반 용기(133)로 상기 제3 연결 도관(137)의 내부 경로를 통해 상기 유리 용응물을 몰아갈 수 있다.

[0065] 또한 도시되는 바와 같이, 다운커머(downcomer)(139)는 유리 용융물(121)을 상기 운반 용기(133)로부터 성형 용기(143)의 입구(141)로 운반하도록 배치될 수 있다. 상기 유리 리본(103)은 이후 성형 쐐기(147)의 루트(145)로부터 퓨전 드로우될 수 있으며 이후 유리 분리 장치(149)에 의해 유리 웹, 예컨대 다른 유리 리본 또는 도시된 유리 시트(104)로 분리될 수 있다. 도 1은 상기 유리 분리 장치(149)의 일반적인 개략도를 도시하며, 도 2 내지 도 5, 도 7 및 도 8은 상기 유리 분리 장치(149)의 예시적인 특징들을 개략적으로 도시한다. 실제로, 도시된 바와 같이, 상기 유리 분리 장치(149)는 상기 드로우 방향(1001)과 같은 운반 방향을 가로지르는 방향(225)(도 2 참조)으로 연장되는 분리 경로(151)를 따라 상기 유리 리본(103)으로부터 상기 유리 시트(104)를 나눌 수 있다. 도 1에 도시된 바와 같이, 본 개시의 임의의 실시예들에서, 상기 운반 방향(1001)을 가로지르는 상기 방향(22

5)은 상기 운반 방향(1001)에 수직하거나 또는 상기 운반 방향에 대하여 다른 각도를 가지는 방향(225)을 포함할 수 있다. 일부 실시예들에서, 상기 방향(225)은 상기 유리 리본(103)의 제1 외곽 엣지(105)와 제2 외곽 엣지(155) 사이의 상기 유리 리본(103)의 폭(W)을 따라 연장된다. 도 1에 도시된 바와 같이, 일부 실시예들에서, 상기 유리 리본(103)의 상기 운반 방향(1001)은 상기 유리 리본의 드로우 방향을 포함할 수 있다. 도시된 실시예에서, 상기 운반 방향(1001)은 상기 성형 용기(143)로부터 퓨전 다운 드로우되는 상기 유리 리본(103)의 퓨전 다운 드로우 방향일 수 있다. 대안적으로, 상기 유리 리본이 유리 리본의 스풀로부터 풀리는 경우, 상기 운반 방향은 상기 유리 리본이 상기 스풀로부터 드로우되는 방향으로 간주될 수 있다. 더 나아가, 상기 유리 웹(예를 들어, 유리 리본, 유리 시트 등)이 이동 경로를 따라 횡단되는 경우, 상기 운반 방향은 상기 유리 웹이 상기 이동 경로를 따라 이동하는 방향으로 간주될 수 있다.

[0066] 도 1에 도시된 일 실시예에서, 상기 유리 리본(103)의 길이는 상기 성형 웻지(147)의 상기 루트(145)로부터 상기 유리 리본(103)의 외측 단부(171)(예를 들어, 하단)까지 연장되는 상기 유리 리본(103)의 전체 길이(L1)로 간주질 수 있다. 추가적인 실시예들에서, 상기 유리 리본(103)의 길이는 상기 유리 리본의 전체 길이(L1)의 일부로 간주될 수 있다. 예를 들어, 상기 유리 리본(103)의 길이는 상기 유리 리본(103)의 폭(W)에 수직한 방향을 따르는 상기 유리 리본의 치수로 간주될 수 있다. 추가적으로 또는 대안적으로, 상기 유리 리본(103)의 길이는 상기 유리 리본(103)의 드로우 방향(1001)을 따르는 상기 유리 리본의 치수로 간주될 수 있다.

[0067] 다른 실시예에서, 상기 유리 분리 장치(149)는 상기 유리 웹으로부터 엣지부(예를 들어, 엣지 웹 부분)을 분리할 수 있다. 예를 들어, 도 1에 도시된 바와 같이, 상기 유리 분리 장치(149)는 상기 유리 시트(104)의 운반 방향을 가로질러 연장되는 분리 경로(163)를 따라 상기 유리 시트(104)의 중심부(161)로부터 상기 유리 시트(104)의 엣지부(159)를 분리할 수 있으며, 상기 분리 경로(163)는 상기 유리 시트(104)의 제1 엣지(165)와 제2 엣지(167) 사이에 연장된다. 도시된 실시예에서, 상기 분리 경로(163)는 상기 유리 시트(104)의 운반 경로에 수직한 상기 유리 시트의 길이(L2)를 따라 연장된다.

[0068] 도 2는 도 1에 개략적으로 도시된 예시적인 유리 분리 장치(149)를 도시한다. 상기 유리 분리 장치는 레이저 빔(203)을 생성하는 레이저 빔 생성기(201)를 포함할 수 있다. 일 실시예에서, 상기 레이저 빔 생성기는 대략 지속적인 에너지 흐름이 사용될 수 있는 비교적 긴 펄스들로 선택된 경로를 가열할 수 있는 CO_2 레이저 빔을 생성한다. 이와 같이, 상기 레이저 빔(203)은 상기 유리 리본을 손상시키지 않으면서 상기 유리 리본(또는 유리 시트(104)) 상의 선택된 경로를 가열하도록 설계될 수 있다. 본 출원의 목적상, 상기 유리 리본을 손상시키지 않으면서 상기 유리 리본 상의 상기 선택된 경로를 가열한다는 것은 결함 없이 유리 리본의 분리를 야기할 수 있는 방식으로 상기 유리 리본을 손상시키지 않으면서 상기 경로를 가열하는 것을 의미하도록 의도된다. 상기 유리 리본을 손상시키지 않으면서 선택된 경로를 가열하는 예들은 상기 유리 리본을 용융시키지 않으면서 가열하는 것, 상기 유리 리본을 제거하지 않으면서 가열하는 것, 상기 유리 리본 내에 전신 크랙을 형성하지 않으면서 가열하는 것, 및 상기 유리 리본에 금을 긋지 않으면서 가열하는 것을 포함할 수 있다. 실제로, 상기 레이저 빔(203)은 상기 유리 리본을 손상시키는 것을 피하여, 아래 논의될 바와 같이 결함을 가하기 전에 상기 유리 리본을 분리하지 않으면서, 상기 유리 리본(예를 들어, 상기 유리 리본(103) 또는 상기 유리 시트(104))의 상기 분리 경로(151, 163)를 따라 원하는 수준의 열 응력의 발생을 가능하게 할 수 있다.

[0069] 도 2에 또한 도시된 바와 같이, 상기 예시적인 유리 분리 장치(149)는 상기 유리 리본(103) 또는 유리 시트(104)의 외곽 엣지부(211a, 211b) 또는 제1 주표면(213) 상에 레이저 빔 스팟(209)을 제공하도록 구성된 선택적인 일련의 반사기들(205a, 205b, 205c, 205d) 및 하나 이상의 광학 렌즈들(207)을 더 포함할 수 있다. 본 출원에 걸쳐서, 상기 레이저 빔은 경로를 따라 이동될 수 있으며, 레이저 빔 스팟(209)은 상기 레이저 빔(203)에 노출된 상기 유리 웹의 표면의 영역으로 간주되며, 여기서 상기 레이저 빔(203)은 상기 유리 웹의 표면과 교차한다. 일부 실시예들에서, 상기 레이저 빔 스팟은 상기 분리 경로(151)의 전체 길이보다 현저히 작은 최대 외부 치수를 가지는 원형 또는 직사각형 레이저 빔 스팟 또는 길쭉한 레이저 빔 스팟을 포함할 수 있다. 이러한 실시예들에서, 아래 논의되는 바와 같이, 상기 레이저 빔 스팟은 상기 결함의 생성 전에 상기 분리 경로를 따라 반복적으로 스캐닝될 수 있다. 본 개시의 추가적인 실시예들에서,상기 레이저 빔 스팟은 상기 분리 경로(151)의 전체 길이에 걸치는 길쭉한 레이저 빔 스팟을 포함할 수 있다. 예를 들어, 상기 길쭉한 레이저 빔 스팟은 상기 유리 리본(103)에 대하여 가로질러 스캐닝 또는 이동하지 않는 정지된 레이저 빔 스팟을 포함할 수 있다. 대신, 상기 길쭉한 레이저 빔 스팟은 상기 분리 경로 전체를 동시에 조사할 수 있다. 일부 실시예들에서, 상기 레이저 빔은 재지향 없이 상기 분리 경로의 전체 길이보다 훨씬 더 크게 연장될 수 있으며, 상기 유리 웹의 엣지를 넘어 경로를 따라 연장될 수 있다. 실제로, 아래 설명된 일부 실시예들에서, (상기 유리 웹의 상기 엣지를 넘어 연장되도록 투영될 수 있는)상기 레이저 빔의 일부는 상기 분리 경로(151) 상에 결함을 생성하도록 재지향시킬

수 있다.

[0070] 상기 레이저 빔 스팟이 상기 분리 경로(151)의 전체 길이보다 현저히 작은 일부 실시예들에서, 상기 유리 분리 장치(149)는 도시된 다각형 반사기(215)와 같은 제1 반사기를 포함할 수 있다. 상기 제1 반사기는 제1 반사 표면을 포함할 수 있다. 예를 들어, 도 2에 도시된 바와 같이, 도시된 다각형 반사기(215)는 팔각형 반사기를 포함할 수 있으며, 상기 제1 반사 표면은 서로 통합되거나 서로 인접하여 설치된 분리된 세그먼트들로 제공될 수 있는 8개의 반사 표면 세그먼트들(219a-h)을 포함할 수 있다. 또한, 팔각형 반사기가 사용될 수 있으나, 더 많거나 적은 반사 표면 세그먼트들을 가지는 다른 반사기들이 본 개시의 양상들에 따라 사용될 수 있다. 상기 제1 반사 표면, 또는 상기 제1 반사기의 임의의 반사 표면, 또는 본 개의 임의의 반사기의 반사 표면은 거울의 반사 표면으로부터 광을 반사하는 거울의 표면, 연마된 금속의 반사 표면 또는 다른 반사 표면을 포함할 수 있다. 추가적인 실시예들에서, 도시된 바와 같이, 상기 반사 표면들은 평평할 수 있으나, 커브진(예를 들어, 오목한, 볼록한) 표면들이 추가적인 실시예들에서 제공될 수 있다.

[0071] 일 실시예에서, 상기 방법은 상기 제1 반사기를 시계 또는 반시계 방향으로 회전시킴으로써 상기 유리 리본(103) 또는 유리 시트(104)를 따라 분리 경로들(151, 163) 중 하나 또는 둘을 노출시키는 단계를 포함할 수 있다. 예를 들어, 도 2-6 및 8-9에 도시된 바와 같이, 상기 다각형 반사기(215)는 제1 회전축(218)을 중심으로 반시계 방향(217)으로 회전하여 순차적으로 상기 8개의 반사 표면 세그먼트들(219a-h) 각각을 상기 레이저 빔(203)의 선택된 경로 내에 위치시킬 수 있다. 도면들에 도시된 회전은 상기 레이저 빔 스팟(209)을 스위핑하는 원리를 묘사한다. 상기 다각형 반사기(215)의 실제적인 구성 및/또는 회전은 넓은 범위의 요소들, 예컨대 상기 레이저 빔 스팟(209)이 상기 유리 리본의 상기 제1 외곽 엣지(153)로부터 상기 제2 외곽 엣지(155)까지 극한 위치들 사이를 스위핑하는지 여부, 또는 상기 레이저 빔 스팟(209)이 도 2-3 및 도 6-16에 도시된 바와 같이 상기 유리 리본의 적어도 하나의 엣지를 스위핑하는지 여부에 의존할 것이다.

[0072] 아래 논의된 바와 같이, 상기 레이저 빔은 상기 유리 리본 상의 상기 분리 경로(151)를 가열할 수 있다. 도면들에 걸쳐, 실제 분리 경로는 상기 유리 리본, 예컨대 상기 유리 리본의 상기 엣지부들 및/또는 주표면들과 일치한다는 이해와 함께, 상기 분리 경로(151)는 파선으로 개략적으로 도시된다. 도시된 바와 같이, 상기 분리 경로(151)는 상기 제1 외곽 엣지(153)로부터 상기 제2 외곽 엣지(155)까지 상기 외곽 엣지부들(211a, 211b) 및 상기 유리 분리 장치(149)를 향하는 상기 유리 리본(103)의 제1 주표면(213)을 따라 연장될 수 있으나, 상기 분리 경로는 상기 유리 리본의 반대편 주표면을 따라 또는 상기 유리 리본의 두 주표면들 사이의 중간 위치에서 연장될 수 있다. 실제로, 도시된 바와 같이, 상기 분리 경로(151)는 상기 외곽 엣지부들(211a, 211b)의 외표면들과 일치하여 연장될 수 있으며 또한 상기 유리 리본(103)의 상기 제1 주표면(213)과 일치하여 연장될 수 있다. 또한, 도시된 바와 같이, 상기 제1 외곽 엣지부(211a)는 제2 외곽 엣지(155)를 포함할 수 있고 상기 제2 외곽 엣지부(211b)는 상기 제2 외곽 엣지(155)를 포함할 수 있으며, 상기 분리 경로(151)는 상기 유리 리본의 폭(W)의 상당 부분 또는 전체에 걸쳐 연장될 수 있다. 마찬가지로, 도 1을 참조하면, 상기 유리 시트(104)는 상기 제1 엣지(165) 및 상기 제2 엣지(167)를 포함할 수 있으며, 여기서 상기 분리 경로(163)는 상기 유리 시트(104)의 길이(L2)의 상당 부분 또는 전체에 걸쳐 연장될 수 있다.

[0073] 상기 예시적인 다각형 반사기(215)로 상기 분리 경로(151)를 가열하는 예시적인 방법이 이제 논의될 것이다. 도 2에 도시된 바와 같이, 예를 들어, 상기 제1 반사 표면 세그먼트(219a)가 상기 레이저 빔의 경로와 교차함에 따라, 거울(229)에 의해 반사되는 레이저 빔 경로(228a)에 의해 표시되는 바와 같이 상기 제1 반사 표면 세그먼트(219a)의 제1 엣지부(221a)가 먼저 상기 레이저 빔(203)의 경로와 교차하여 상기 레이저 빔을 반사한다. 228b(도 3 참조)에 표시된 바와 같이, 상기 거울(229)로부터 반사된 상기 레이저 빔(203)은 이후 위치(331)에서 상기 분리 경로(151)와 교차하도록 지향된다. 일 실시예에서, 도 7에 도시된 바와 같이, 위치(331)에서 상기 레이저 빔 스팟(703)은 방기 분리 경로에 수직한 방향보다 상기 분리 경로(151)의 방향으로 더 큰 길쭉한 길이를 가질 수 있다. 상기 분리 경로(151)를 따라 연장되는 길쭉한 길이를 가지는 상기 레이저 빔 스팟(703)을 제공하는 것은 올바른 크랙 형성 및 상기 분리 경로(151)를 따른 전파를 도울 수 있다.

[0074] 일 실시예에서, 개략적으로 도시된 바와 같이, 상기 거울(229)은 상기 제1 회전 축(218)을 중심으로하는 상기 반시계 방향(217)으로의 상기 다각형 반사기(215)의 회전 각도를 통해 상기 레이저 빔 스팟(703)에 상기 위치(131)를 지속적으로 노출시키기 위해 상기 레이저 빔(203)을 반사시키도록 설계된 포물형 또는 다른 거울을 포함할 수 있다. 실제로, 도 2에 도시된 바와 같이, 상기 다각형 반사기(215)가 지속적으로 회전함에 따라, 상기 레이저 빔 경로(228a)는 상기 거울(229)을 거쳐 새로운 경로(232a)로 스캔한다. 232b에 표시된 바와 같이, 상기 거울(229)(예를 들어, 포물형 거울)로부터 반사된 상기 레이저 빔(203)은 여전히 위치(331)에서 상기 분리 경로(151)와 교차하도록 지향된다. 실제, 도시된 실시예에서, 상기 다각형 반사기(215)가 상기 제1 회전 축(218)을

중심으로 상기 반시계 방향(217)으로 상기 회전 각도를 통해 회전함에 따라 상기 레이저 빔이 상기 거울을 거쳐 경로(228a)로부터 경로(232a)로 스캐닝하는 동안 상기 레이저 빔(203)은 항상 위치(331)에서 상기 분리 경로(151)와 지속적으로 교차한다.

[0075] 일부 실시예들에서, 상기 레이저 빔 스팟(703)이 상기 다각형 반사기(215)의 상기 회전 각도 동안 상기 위치(331) 전체를 조사하도록 상기 위치(331)의 풋프린트는 상기 레이저 빔 스팟(703)의 풋프린트와 일치한다. 추가적인 실시예들에서, 상기 위치(331)는 상기 레이저 빔 스팟(703)의 풋프린트보다 클 수 있으며, 상기 레이저 빔 스팟은 상기 다각형 반사기(215)의 회전 각도를 통해 일정 거리를 이동한다. 상기 레이저 빔 스팟(703) 및 상기 위치(331)의 상대적인 크기에 무관하게, 상기 위치(331) 내에서 상기 레이저 빔 스팟(703)의 증가된 체류 시간으로 인하여 상기 위치(331)는 상기 분리 경로(151)의 다른 부분들 상에 이를 넘어 가열된다. 또한, 아래 논의된 바와 같이 상기 레이저 빔 스팟(209)이 상기 분리 경로에 걸쳐 스위핑함에 따라 상기 위치(331)가 계속 더 가열된다.

[0076] 결과적으로, 상기 레이저(203)가 상기 포물형 거울(229)에 의해 반사되지 않도록 상기 다각형 반사기(215)는 상기 회전 각도를 지나 회전할 것이다. 일부 실시예들에서, 도시되지 않았으나, 상기 레이저(203)가 상기 포물형 거울에 의해 반사되지 않도록 상기 다각형 반사기(215)가 충분히 회전된 직후에, 상기 레이저는 상기 거울을 지나쳐서 상기 유리 리본(103)의 상기 외곽 엣지부(211a) 상의 상기 분리 경로(151)에 노출된다. 추가적인 실시예들에서, 도 3의 경로(301)에 의해 도시된 바와 같이, 상기 레이저(203)가 상기 포물형 거울에 의해 반사되지 않도록 상기 다각형 반사기(215)가 충분히 회전되면, 상기 레이저는 상기 거울(229)과 상기 유리 리본(103)의 상기 외곽 엣지(153) 사이를 통과할 수 있어, 상기 레이저는 상기 유리 리본에 충돌하지 않으며 상기 유리 리본(103)의 상기 제1 외곽 엣지부(211a)의 상기 외곽 엣지(153)를 넘어 이동한다. 상기 외곽 엣지(153)를 넘어 이동하도록 상기 레이저 빔을 제공하는 것은 상기 분리 경로(151)의 노출을 최대화할 수 있으며, 이로써 분리 경로(151)의 전체 또는 실질적으로 전체를 따라 응력을 최대화할 수 있다.

[0077] 또한 도 3에 도시된 바와 같이, 상기 레이저 빔이 상기 외곽 엣지(153)를 넘어 이동하는지 여부에 무관하게, 상기 다각형 반사기(215)의 회전이 결국 상기 레이저 빔 스팟(209)에 상기 유리 리본(103)을 가로지르는 분리 경로(151)의 상류 단부(222)를 노출시키도록 경로(303)를 따라 이동하는 반사된 레이저 빔을 야기한다. 실제로, 도시된 바와 같이, 상기 분리 경로(151)의 상기 상류 단부(222)는 상기 레이저 빔 스팟(209)에 노출되며, 이로써 그 위치에서 상기 분리 경로(151)를 가열한다. 상기 다각형 반사기(215)가 상기 제1 회전 축(218)에 대하여 반시계 방향(217)으로 지속적으로 회전함에 따라, 상기 제1 반사 표면 세그먼트(219a)의 각도가 변화하여 상기 레이저 빔 스팟(209)은 상기 유리 리본(103)의 상기 제1 외곽 엣지부(211a)로부터 제2 외곽 엣지부(211b)를 향해 연장되는 방향(225)을 따라 이동한다. 도 7에 도시된 바와 같이, 상기 레이저 빔 스팟(209)은 결국 반사된 레이저 빔 스팟(703)에 의해 이전에 가열된 상기 위치(331)를 통과하며, 이로써 상기 위치(331)를 더 가열한다. 도시된 바와 같이, 일부 실시예들에서, 위치(331)에 상기 레이저 빔에 대한 증가된 노출의 포커싱된 영역을 제공하기 위해 상기 반사된 레이저 빔 스팟(703)은 상기 레이저 빔 스팟(209)보다 더 작은 풋프린트를 가질 수 있다.

[0078] 도 4는 상기 제1 반사 표면 세그먼트(219a)의 중간부(211b)가 후속적으로 상기 레이저 빔(203)의 상기 경로와 교차하여 반사하고 상기 분리 경로(151)의 중간 위치(401)를 상기 레이저 빔 스팟(209)에 노출시키고, 이로써 그 위치에서 상기 경로를 가열하도록 회전되고 있는 상기 다각형 반사기(215)를 도시한다.

[0079] 도 5에 또한 도시된 바와 같이, 상기 다각형 반사기(215)는 상기 제1 회전 축(218)에 대해 상기 반시계 방향(217)으로 더 회전되어 상기 제1 반사 표면 세그먼트(219a)의 제2 엣지부(211c)가 후속적으로 상기 레이저 빔의 상기 경로(507)와 교차하여 반사하고 상기 분리 경로(151)의 하류 단부(501)를 상기 레이저 빔 스팟(209)에 노출시키고, 이로써 그 위치에서 상기 분리 경로를 가열할 수 있다. 상기 제1 회전 축(218)에 대한 상기 반시계 방향(217)으로의 추가적인 증가적인 회전은 상기 제2 반사 표면 세그먼트(219b)의 제1 엣지부(503)가 상기 레이저 빔(203)의 상기 경로와 교차하도록 하며, 상기 레이저 빔 스팟(209)은 상기 분리 경로(151)의 상기 하류 단부(501)로부터 사라져 도 3에 도시된 바와 같이 경로(228a-228b)를 따라 이동한 후 위치(331)에 다시 나타날 것이다. 물론, 실제 레이저 빔은 유한한 직경을 포함하므로, 상기 레이저 빔이 동시에 인접한 반사 표면 세그먼트들의 인접부들로부터 반사될 짧은 순간이 있다. 이런 순간에, 상기 레이저 빔 스팟(209)은 상기 스위핑 경로의 극단들과 관련된 위치들에서 부분적으로 나타날 수 있다. 예를 들어, 짧은 시간 동안, 상기 레이저 빔(203)은 상기 제1 반사 표면 세그먼트(219a)의 상기 제2 엣지부(221c) 및 상기 제2 반사 표면 세그먼트(219b)의 상기 제1 엣지부(503)로부터 동시에 반사될 것이다. 이러한 순간에, 상기 레이저 빔 스팟(209)은 부분적으로 도 5에 도

시된 위치에 나타나고 부분적으로 도 2-3의 위치(331)에 나타날 수 있다.

[0080] 이와 같이, 가열하는 단계는 반복적으로 상기 분리 경로(151)를 따라 상기 레이저 빔 스팟(209)을 통과시켜 상기 분리 경로를 따라 열 응력을 생성하는 단계를 포함할 수 있다. 또한, 도시된 실시예에서, 상기 레이저 빔 스팟(209)을 반복적으로 통과시키는 단계는 단일 방향(225)으로 상기 레이저 빔 스팟(209)을 반복적으로 통과시키는 단계를 선택적으로 포함할 수 있다. 실제로, 상기 다각형 반사기(215)가 상기 제1 회전 축(218)에 대하여 도시된 반시계 방향(217)으로 회전하는 동안, 상기 반사 표면 세그먼트(219a-h) 각각이 상기 레이저의 상기 경로와 교차함에 따라, 상기 레이저 빔 스팟(209)은 항상 상기 단일한 방향(225)으로 상기 분리 경로(151)의 상기 상류 단부(222)로부터 상기 하류 단부(501)로 이동한다. 상기 레이저 빔 스팟은 상기 다각형 반사기(215)의 회전 속도에 따라 다양한 속도로 상기 단일한 방향(225)을 따라 이동할 수 있다. 예를 들어, 상기 레이저 빔 스팟은 분리 경로(151)를 따라 약 0.5㎞/s 내지 약 6㎞/s, 예컨대 약 1㎞/s 내지 약 5㎞/s, 예컨대 약 2㎞/s 내지 약 4㎞/s, 예컨대 약 3㎞/s로 이동할 수 있다.

[0081] 또한, 상기 분리 경로(151)를 따라 열 응력을 생성하기 위해 상기 분리 경로(151)를 따라 상기 레이저 빔 스팟(209)을 반복적으로 통과하는 것에 더하여, 상기 제1 외곽 엣지(153)를 넘어 스위핑하는 상기 레이저의 일부가 상기 레이저 빔 스팟(703)에 상기 위치(331)를 노출시키도록 재지향됨에 따라 상기 위치(331)는 또한 상기 분리 경로의 다른 부분들 상에도 가열되고, 따라서 상기 분리 경로(151)의 영역을 더 가열한다.

[0082] 도시되지 않았으나, 추가적인 실시예들에서, 상기 분리 경로(151)는 다양한 방법들로 가열될 수 있다. 예를 들어, 다수의 레이저 빔 발생기들(201)이 제공될 수 있으며 및/또는 상기 레이저 빔 발생기에 의해 생성된 상기 레이저 빔이 둘 이상의 레이저 빔들로 나뉘어져 동시에 상기 다각형 반사기의 상이한 거울들 및/또는 동일한 거울의 상이한 부분들로부터 레이저 빔들을 반사할 수 있다. 이와 같이, 상기 유리 분리 장치(149)의 광학적 구성에 따라 상기 단일한 방향(225)으로 상기 분리 경로(151)를 따라 또는 반대 방향들을 따라 동시에 이동하는 다수의 레이저 빔 스팟들이 제공될 수 있다. 다른 실시예에서, 상기 레이저 빔 발생기(201)에 의해 생성된 상기 레이저 빔(203)은 상기 분리 경로(151) 전체를 동시에 가열하는 길쭉한 레이저 빔 스팟으로 연장될 수 있다. 이러한 실시예들에서, 상기 레이저 빔 스팟(209)은 상기 분리 경로(151) 전체를 동시에 가열하는 동안 및 상기 제1 외곽 엣지(153)에 지향된 상기 레이저 빔의 일부가 상기 위치(331)를 추가적으로 가열하도록 지향되는 동안 정지 상태로 유지될 수 있다. 또한 추가적인 예에서, 복수의 정지된 레이저 빔 스팟들이 상기 분리 경로(151) 전체를 가열하기 위해 제공될 수 있다. 예를 들어, 상기 정지된 레이저 빔 스팟들은 끝과 끝을 이어서 위치될 수 있으며, 상기 위치(331)를 추가적으로 가열하도록 상기 외곽 엣지(153)에 지향되는 상기 레이저 빔의 일부가 지향되는 동안 모든 상기 레이저 빔 스팟들의 전체 길이는 상기 분리 경로(151)의 길이 전체를 따라 연장되거나, 또는 상기 분리 경로(105)의 전체 길이보다 크다. 추가적인 실시예들에서, 상기 정지된 레이저 빔 스팟들은 서로 부분적으로 중첩되게 위치될 수 있으며 모든 상기 레이저 빔 스팟들의 전체 길이는 또한 상기 분리 경로(151)의 전체 길이 전체를 따라 또는 그보다 크게 연장된다.

[0083] 또 다른 실시예에서, 각각 상기 레이저 빔 스팟(209)에 상기 전체 분리 경로의 세그먼트를 노출시키는 복수의 유리 분리 장치(149)가 제공될 수 있다. 예를 들어, 도 9에 도시된 바와 같이, 선택적으로 전술한 유리 분리 장치(149)와 유사하거나 동일할 수 있는 복수의 유리 분리 장치(149)가 제공될 수 있다. 도 9에 5개의 유리 분리 장치(149)가 도시되었으나, 임의의 수의 유리 분리 장치(예를 들어, 1, 2, 3, 내지 5개보다 많은 유리 분리 장치)가 청구된 주제의 실시예들에서 사용될 수 있으므로, 이러한 묘사는 본 명세서에 첨부된 청구항들의 범위를 제한하지 않아야 한다는 것에 주의해야 한다. 각 유리 분리 장치(149)는 각각의 레이저 빔에 의해 제공된 각각의 레이저 빔 스팟(209)으로 전체 분리 경로를 따른 대응하는 가열된 세그먼트(901, 903, 905, 907, 909)를 따라 열 응력을 생성할 수 있는 레이저 빔(902, 904, 906, 908, 910)을 생성할 수 있다. 일부 실시예들에서, 상기 가열된 세그먼트들은 상기 유리 리본(103)을 따라 상기 분리 경로를 가열하기 위해 끝과 끝을 이어 위치될 수 있다. 그러나, 도시된 바와 같이, 각각의 가열된 세그먼트는 상기 세그먼트들 사이의 상기 분리 경로의 충분한 가열을 제공하기 위해 적어도 하나의 인접한 가열된 세그먼트와 중첩 영역들(911, 913, 915, 917)에서 중첩될 수 있다. 일부 실시예들에서, 상기 중첩 영역들은 가열된 세그컨트들(901, 903, 905, 907, 909) 중 적어도 하나의 길이의 약 5% 내지 약 40%, 예컨대 상기 가열된 세그먼트들 중 적어도 하나의 길이의 약 10% 내지 약 30%, 예컨대 약 10% 내지 약 25%인 중첩된 길이를 포함할 수 있다. 일 실시예에서, 각 대응하는 가열된 세그먼트(901, 903, 905, 907, 909)는 약 800 밀리미터(㎜)의 길이를 가질 수 있고, 각각의 중첩 영역(911, 913, 915, 917)은 약 100㎜의 중첩된 길이를 가진다. 상기 세그먼트들 및 선택적인 중첩 영역들을 제공하는 것은 상기 유리 리본을 따라 연장되는 전체 분리 경로를 따라 충분한 수준의 열 응력을 달성하는 것을 도울 수 있다.

[0084] 또한 도 9에 도시된 바와 같이, 상기 레이저 빔의 일부는 예컨대 위에 논의된 상기 포물형 거울(229)과 같은 거

울을 사용하여 상기 결함(801)을 생성하도록 재지향될 수 있다. 대안적으로, 도시된 바와 같이, 위에서 도 7을 참조하여 논의된 것과 유사하거나 동일한 빔 스팟 프로파일을 제공하기 위해 상기 위치(331)에 (예를 들어 렌즈(921)를 사용하여) 포커싱하기 위해, 거울, 예컨대 도시된 평평한 거울(919)이 경로들(228a, 303)을 따라 및 그들 사이에서 상기 레이저를 반사하는 광학적 배치가 제공될 수 있다. 도시된 바와 같이, 상기 레이저 빔이 상기 거울(919)에 의해 반사되기 전에 포커싱을 시작하도록 상기 레이저가 상기 거울(919)에 의해 반사되기 전에 상기 렌즈(921)가 상류에 제공될 수 있다. 대안적인 실시예들에서, 상기 레이저 빔이 상기 거울(919)에 의해 반사된 후에 포커싱을 시작하도록 상기 렌즈(921)는 상기 거울(919)로부터 하류에 위치될 수 있다. 도 9의 상기 레이저 빔의 상기 일부를 재지향시키는 방법으로서 상기 평평한 거울(919) 및 렌즈(921)가 도시되었으나, 이러한 구성은 본 개시의 실시예들 중 임의의 것에 제공될 수 있다.

[0085] 본 개시의 일부 실시예들은 상기 유리 리본의 상당 부분, 예컨대 상기 유리 리본의 전체 치수를 가로질러 이동하는 상기 레이저 빔 스팟을 보여주며, 다른 실시예들에서, 상기 레이저 빔 스팟은 또한 상기 유리 리본을 넘어 이동하는 것으로 보여진다. 이와 같이, 상기 분리 경로(151, 163)는 마찬가지로 상기 유리 리본의 상당 부분, 예컨대 상기 유리 리본의 전체 치수에 걸쳐 연장될 수 있다. 예를 들어, 도시된 바와 같이, 상기 레이저 빔 스팟(209)은 상기 제1 외곽 엣지(153)로부터 상기 제2 외곽 엣지(155)까지 상기 유리 리본(103)의 폭(W) 전체를 따라 통과하여 상기 분리 경로(151)는 상기 유리 리본(103)의 폭(W) 전체에 연장된다. 마찬가지로, 도 1에 또한 도시된 바와 같이, 상기 레이저 빔 스팟(209)은 상기 제1 엣지(165)로부터 상기 제2 엣지(167)까지 상기 유리 시트(104)의 길이(L2) 전체를 따라 통과하여 상기 분리 경로(163)는 상기 유리 시트(104)의 길이(L2) 전체에 연장된다. 일부 실시예들에서, 상기 분리 경로(151, 163)는 약 50mm 내지 약 5000mm, 예컨대 약 50mm 내지 약 1000mm일 수 있으나, 상기 레이저 빔 스팟(209)은 추가적인 실시예들에서 더 길거나 또는 더 짧은 경로를 따라 이동할 수 있다.

[0086] 상기 레이저 빔 스팟(209)은 원형 스팟을 포함할 수 있으나, 타원형 또는 다른 스팟 형상들이 추가적인 실시예들에서 제공될 수 있다. 초점이 맞춰진 허리 위치에서 상기 원형 레이저 빔 스팟의 최소 직경은, 상기 레이저 빔 스팟의 세기 프로파일의 $1/e^2$로 결정될 때, 약 1mm 내지 약 2mm일 수 있으나, 추가적인 실시예들에서 다른 치수들이 제공될 수 있다. 마찬가지로, 타원형 또는 다른 스팟 형상의 최대 길이는 약 1mm 내지 약 3mm일 수 있으나, 추가적인 실시예들에서 다른 치수들이 제공될 수 있다. 예를 들어, 정지된 레이저 빔을 사용하는 경우, 상기 레이저 빔 스팟의 형상은 실질적으로 길쭉하고 수십 센티미터(cm)의, 예컨대 1 미터(m) 길이를 초과하는, 길이를 가질 수 있다. 하나 또는 복수의 레이저 빔 스팟들은 상기 분리 경로(151)를 노출시키는데 사용될 수 있다.

[0087] 도 3의 경로(301)에 의해 표시된 바와 같이, 위에 설명된 바와 같이, 상기 레이저 빔은 상기 분리 경로의 적어도 하나의 단부, 예컨대 상기 분리 경로(151)의 상기 상류 단부(222) 및/또는 상기 하류 단부(501)를 스위핑할 수 있다. 실제로, 도 3의 경로(301)에 의해 표시된 바와 같이, 상기 레이저 빔은 상기 분리 경로(151)의 상기 상류 단부(222)를 스위핑할 수 있다. 또한, 도 6의 경로(601)에 의해 표시된 바와 같이, 추가적인 실시예들에서 상기 레이저 빔은 상기 분리 경로(151)의 상기 하류 단부(501)를 스위핑할 수 있다. 상기 레이저 빔이 상기 상류 단부(222) 및 상기 하류 단부(501) 둘 모두를 스위핑하는 구성을 제공하는 것은 상기 레이저 빔에 의한 가열에 상기 분리 경로(151)의 노출을 최대화하고, 상기 분리 경로(151)의 모든 부분들이 충분한 수준의 열 응력을 달성하는 것을 보장할 수 있다. 또한, 상기 레이저 빔이 상기 상류 단부 또는 상기 하류 단부 중 적어도 하나를 스위핑하도록 허용하는 것은 상기 포물형 거울(229) 또는 다른 거울이 상기 분리 경로의 부분을 더 가열하도록 상기 분리 경로(151)의 상기 위치(331)를 노출시키도록 재지향되도록 상기 분리 경로의 단부를 이동하는 상기 레이저 빔의 에너지를 재지향시키는 것을 허용한다.

[0088] 도 6에 또한 도시된 바와 같이, 상기 유리 리본을 다라 상기 분리 경로(151)를 노출시키는 동안, 상기 유리 리본은 상기 분리 경로(151) 전체가 상기 레이저 빔의 초점 깊이(depth of focus, DOF) 내에 위치되도록 위치될수 있다. 상기 초점 깊이(DOF)는 다음 식에 의해 계산될 수 있다.

[0089] $$DOF=(\frac{8\lambda}{\pi})(\frac{F}{D})^2$$

[0090] 여기서 F는 렌즈(207)의 초점 길이이고, D는 상기 렌즈 앞에서 상기 빔 직경이고, λ는 파장이다.

[0091] 상기 전체 분리 경로(151)를 상기 레이저 빔(203)의 상기 초점 깊이(DOF) 내에 위치시키는 것은 상기 레이저 빔으로부터 상기 분리 경로(151)로의 에너지 전달 효율을 증사키는 것을 도울 수 있다. 상기 레이저 빔의 상기 초

점 깊이(DOF)는 분리 시의 상기 유리 리본의 유리 휘어짐, 두께 변화 및 움직임의 진폭을 초과하므로, 상기 초점 깊이는 변화하는 두께를 가지며, 또한 상기 레이저 빔 발생기(201)에 대하여 움직이거나 어느 정도 방향이 변화하는, 평평하지 않은 유리의 분리를 가능하게 한다. 일부 실시예들에서, 상기 초점 깊이(DOF)는 약 20㎜ 내지 약 400㎜, 예컨대 약 20㎜ 내지 약 200㎜일 수 있으나, 추가적인 실시예들에서 다른 초점 깊이가 제공될 수 있다.

[0092] 또한, 일부 실시예들에서, 상기 전체 유리 리본 및 상기 유리 리본의 상기 경로는, 상기 초점 깊이 내에 위치될 수 있다. 상기 레이저 빔의 상기 초점 깊이는 상기 유리 두께의 변화, 유리 휘어짐, 또는 본 개시의 방법들 동안 상기 레이저 빔 발생기에 대한 상기 유리 리본 및 따라서 상기 유리 리본 상의 상기 분리 경로의 위치의 다른 가능한 변화를 초과할 정도로 충분히 클 수 있다.

[0093] 또한, 일부 실시예들에서, 상기 유리 리본의 주표면 상의 상기 레이저 빔 스팟(209)의 치수는, 상기 분리 경로(151)를 따라 상기 레이저 빔 스팟을 반복적으로 통과시키는 동안, 특히 상기 분리 경로의 단부들 근처에서, 변화한다. 예를 들어, 상기 유리 리본(103)이 여전히 상기 초점 깊이 내로 유지되며 다른 경로들이 제공될 수 있으나, 상기 레이저 빔(203)이 스위핑 경로(603) 또는 스위핑 경로(605)를 따라 초점이 맞춰진 경우, 상기 유리 리본의 상기 주표면 상의 상기 레이저 빔 스팟(209)의 치수는 상기 분리 경로(151)를 따라 변화할 수 있다.

[0094] 도 7에 도시된 바와 같이, 스위핑 경로(605)를 따라 이동하는 경우, 도시된 끝이 잘린 타원과 유사한 전력 밀도 영역(701)에 의해 표현되는 바와 같이, 상기 레이저 빔 스팟(209)은 상기 분리 경로(151)를 따른 상기 레이저 빔 스팟(209)의 직경 및 형상의 변화로 인하여 상기 분리 경로(151)를 따라 변화하는 전력 밀도를 가할 수 있다. 상기 유리 리본의 상기 표면 상의 상기 레이저 빔 스팟(209)의 상기 타원형 전력 밀도 영역(701)은, 상기 레이저 빔 스팟이 도 7에 도시된 실시예서 의도적으로 상기 유리 리본을 넘어 이동하므로, 끝이 잘릴 수 있으며, 상기 전력 밀도의 나머지 부분은 상기 거울(예를 들어, 포물형 거울(229))을 사용하여 상기 위치(331)로 재지향되며, 상기 다른 단부는 선택적인 끝이 잘리지 않은 타원형 전력 밀도 영역을 포함할 수 있으며, 상기 레이저는 상기 유리 리본의 상기 제2 외곽 엣지(153)를 넘어 이동한다.

[0095] 상기 외곽 엣지부들(211a, 211b)이 두껍게된 엣지 비드들을 포함하는 경우, 상기 유리 리본의 중심 영역에서 상기 레이저 빔 스팟들의 각 부분들이 중첩되는, 두껍게된 엣지들(예를 들어, 엣지 비드들)에 또는 그 근처에 위치된 최대 전력 밀도들을 생성하는 두 개의 레이저 빔들(203)을 사용하여 상기 유리 리본을 분리하는 것이 보다 더 유익할 수 있다. 최대 전력 밀도들이 상기 두껍게된 엣지들에 또는 그에 가깝게 위치되므로, 상기 두껍게된 엣지 비드들에 보다 높은 열응력이 겨냥되어, 증가된 열응력을 야기할 수 있다. 동시에, 상기 레이저 빔 스팟의 꼬리에 의해 제공되는 비교적 낮은 전력 밀도를 부분적으로 중첩시키는 것은, 상기 중첩된 레이저 빔 스팟들로부터의 이중 노출로 인한, 향상된 열응력을 제공할 수 있다. 이러한 중첩은 또한 도 9에 도시된 중첩 영역들(911, 913, 915, 917)에 제공될 수 있으며, 이중 노출은 상기 가열된 세그먼트들의 외곽 단부들에서 더 낮은 전력 밀도가 상기 유리 리본을 따라 연장되는 상기 전체 분리 경로를 따라 충분한 수준의 열응력을 확보하는 것을 돕도록 할 수 있다.

[0096] 상기 분리 경로(151)의 국부적인 가열은, 상기 분리 경로(151)를 따라 열응력을 생성하는, 상기 유리 리본의 상이한 부분들 사이의 온도 차이를 생성한다. 상기 분리 경로(151)를 가열하는 공정은, 상술한 바와 같이, 소정의 응력 수준이 달성될 때까지 수행될 수 있다. 일부 실시예들에서, 바람직한 소정의 응력 수준은 유리의 변형 온도점의 약 70% 내지 약 100%, 예컨대 상기 유리의 변형 온도점의 약 80% 내지 약 100%, 예컨대 약 90% 내지 약 100%, 예컨대 약 95% 내지 약 100%인 상기 분리 경로(151)를 따른 온도에 대응하는 응력일 수 있다. 이 가열 수준은 상기 유리 리본 내에 잔류 응력의 발생을 피한다. 추가적인 실시예들에서, 상기 소정의 응력 수준은, 유리의 변형 온도점부터 어닐링 점까지인, 상기 분리 경로(151)에 따른 온도에 대응하는 응력이다. 더 낮은 온도들이 가능할 수 있으나, 때때로 상기 분리 경로(151)를 따른 상기 열응력을 최대화하기 위해 비교적 높은 온도에 도달하는 것이 바람직할 수 있다. 비교적 높은 열응력을 제공하는 것은, 아래 보다 상세히 설명된 결함을 가한 후의 분리 시간을 감소시키도록 도울 수 있다. 일부 실시예들에서, 상기 분리 시간은 상기 결함을 생성한 후 약 0.1초 내지 약 3초일 수 있으나, 추가적인 실시예들에서 다른 분리 시간들이 가능하다.

[0097] 바람직한 열 응력 수준까지 상기 분리 경로를 가열하기 위해 필요한 시간은 넓은 범위의 요소들, 예컨대 레이저 전력, 유리의 종류, 상기 유리의 치수, 상기 유리의 두께, 또는 다른 요소들에 의존할 수 있다. 일부 실시예들에서, 상기 분리 경로(151, 163)는 약 300W 내지 약 1.5kW 전력의 CO_2 레이저 및 약 0.1㎜ 내지 약 3㎜의 유리 두께를 사용하여 약 0.1초 내지 약 5초 범위에서 충분히 가열될 수 있다.

[0098] 위에서 제시된 바와 같이, 상기 유리 리본(예를 들어, 유리 리본, 유리 시트 등)을 분리하는 방법은, 상기 유리

리본을 손상시키지 않으면서 상기 분리 경로를 따라 열응력을 생성하기 위해 적어도 하나의 레이저 빔 스팟(209)에 상기 유리 리본 상의 상기 분리 경로를 노출시키는 단계를 포함할 수 있다. 상기 방법은 또한, 상기 분리 경로가 적어도 하나의 레이저 빔 스팟(209)에 상기 유리 리본 상의 분리 경로를 노출시는 단계 동안 생성된 열응력 하에 있는 동안, 상기 분리 경로 상에 결함을 생성하는 단계를 포함할 수 있으며, 상기 유리 리본은 상기 결함의 생성에 반응하여 상기 분리 경로를 따라 분리될 수 있다.

[0099] 일 실시예에서, 적어도 하나의 레이저 빔 스팟(209)에 상기 분리 경로를 노출시키는 단계 동안, 상기 분리 경로(151)를 따라 소정의 열응력 수준이 달성된 후에, 상기 결함이 생성된다. 실제로, 상기 전체 분리 경로가 소정의 열응력 수준 하에 있을 때, 상기 결함의 도입은 바로 상기 결함의 생성에 응답하여 상기 분리 경로를 따라 분리되는 상기 유리 리본을 야기할 수 있다. 상기 분리는 상기 결함이 생성되자마자, 또는 상기 결함이 생성된 직후에 시작할 수 있다. 이와 같이, 상기 유리 리본의 분리는 상기 레이저 빔 스팟(09)으로 달성된 소정의 수준의 열응력에 기초하여 그리고 다른 분리 힘들, 예컨데 굽힘, 퀜칭(quenching)의 도움 또는 달리 상기 유리 시트에 응력을 가하는 것 없이 상기 전체 분리 경로를 따라 전신 크랙을 신속하게 전파하여 상기 유리 리본을 분리하는 상기 결함의 직접적인 결과로서 발생할 수 있다. 본 명세서에 사용된 바와 같이, 상기 전신 크랙(full body crack)이라는 용어는 상기 유리 리본의 전체 두께를 관통하여 연장되는 크랙을 지칭한다. 본 개시의 양상들에 따라 상기 유리 웹(예를 들어 유리 리본)을 분리하기 위한 시간은, 통상적인 기술들과 비교할 때, 상기 유리 웹을 분리하기 위해 필요한 시간을 현저히 감소시킬 수 있다. 이와 같이, 본 개시의 양상들은 상기 유리 웹의 신속한 분리가 바람직한 응용들에 통상적인 기술들보다 유익할 수 있다. 예를 들어, 증가된 드로우 속도를 가지는 응용들에서, 신속한 분리는 상기 유리 리본의 주어진 이동 길이 내에서 분리가 발생하도록 하는데에 유익할 수 있다. 또한, 본 개시의 방법들은 심지어 상승된 온도 조건들에서 상기 유리 리본을 분리할 수 있다. 예를 들어, 상기 유리 리본이 상온에 있는 동안에 분리가 일어날 수 있으나, 상기 유리 리본이 보통 상기 유리 변형점 아래의 상승된 온도, 예컨대 400℃이하에 있는 경우에도 분리가 일어날 수 있으나, 추가적인 실시예들에서 다른 최대 온도들이 제공될 수 있다. 이와 같이, 본 개시의 방법들은 상기 성형 가공 동안 또는 다른 가공 절차 동안 상기 유리 리본이 냉각되기 전에 분리를 제공할 수 있다.

[0100] 일 실시예에서, 도 8에 도시된 바와 같이, 상술된 임의의 실시예들에서, 상기 결함을 생성하는 단계는 상기 분리 경로를 따라 열응력을 생성하기 위해 상기 적어도 하나의 레이저 빔 스팟(209)에 상기 선택된 분리 경로를 노출시키는 단계를 수행하는 동안 수행될 수 있다. 상기 분리 경로를 노출시키는 동안 상기 결함을 생성하는 것은, 상기 결함의 생성에 바로 응답하여 발생하는 신속한 분리를 제공하기에 충분한 상기 분리 경로를 따른 열응력 수준을 유지하도록 도울 수 있다. 일부 실시예들에서, 상기 선택된 분리 경로를 노출시키는 단계는 상기 결함을 생성하는 단계 후에 완료될 수 있으며, 심지어 상기 분리 경로를 따른 상기 유리 리본의 분리가 완료될 때까지 계속될 수 있다. 상기 분리 경로를 노출시키는 동안 상기 결함을 생성하는 것의 또 다른 장점은, 상기 결함이 노출 전에 생성된 때, 노출(예를 들어, 가열) 중에 시작할 수 있는, 제어 불가능한 파손의 가능성의 감소이다. 이는 강화된 유리들, 적층된 유리 구조체들, 및 높은 내부 응력을 가지는 임의의 다른 유리 제품들의 신뢰성 높은 분리를 가능하게 할 수 있다. 상기 경로를 노출시키는 동안 상기 결함을 생성하는 것의 또 다른 장점은 분리를 위해 필요한 전체 시간의 감소이다.

[0101] 추가적인 실시예들에서, 상기 선택된 분리 경로를 노출시키는 단계는 상기 결함을 생성하기 직전에, 상기 결함이 생성되는 시점에, 상기 결함이 생성된 후 즉시, 또는 상기 결함이 생성된 후 곧 완료될 수 있다. 이러한 실시예들에서, 상기 분리 경로를 따라 분리를 제공하기 위하여 상기 분리 경로를 따른 충분한 잔류 열응력이 존재하는 때에도 상기 결함은 생성될 수 있다. 일부 실시예들에서, 그러나, 상기 결함을 생성하는 동안 및 심지어 상기 결함을 생성한 후에 (예를 들어, 상기 유리 리본의 전체 분리 동안) 상기 적어도 하나의 레이저 빔 스팟(209)에 상기 분리 경로(151)를 노출시키는 것을 지속함으로써 분리의 속도는 증가될 수 있다. 실제로, 상기 결함을 생성하는 동안 상기 분리 경로를 노출시키는 것을 지속하는 것은, 상기 분리 경로를 따라 예컨대 최대 열응력과 같은 소정의 열응력을 유지함으로써, 분리 속도를 증가시킬 수 있다. 그러나, 과열로 인한 분리된 엣지들을 따르는 잔류 응력의 발생을 최소화하거나 회피하기 위하여, 상기 분리 경로의 과다 노출은 회피되어야 한다.

[0102] 상기 결함을 생성하는 단계는 넓은 범위의 방법들로 수행될 수 있다. 예를 들어, 도 1에 개략적으로 도시된 바와 같이, 일 실시예에서, 상기 결함은 상기 유리 리본(103)을, 예를 들어, 기계적 도구(168)(예를 들어, 스코어 휠(score wheel), 인덴터(indenter), 로터리 도구(회전 디스크), 다이아몬드 팁(diamond tip) 등)와 기계적으로 접촉시킴으로써 생성될 수 있다. 실제로, 스크라이브의 팁은, 예컨대 표면 결함(예를 들어, 표면 크랙)과 같은, 결함(801)을 생성할 수 있다. 추가적인 실시예들에서, 상기 결함은 점 결함 또는 금 라인으로서 제공될 수

있다. 도시되지 않았으나, 예컨대 공기 베어링 또는 기계적 접촉 지지 부재와 같은 지지 장치가 상기 결함(801)의 생성을 용이하게 하기 위해 상기 스크라이브에 의해 가해지는 힘에 대항하도록 돕기 위해 제공될 수 있다.

[0103] 다른 실시예에서, 도 1에 도시된 바와 같이, 상기 결함은 상기 분리 경로(151)를 가열하기 위해 사용된 상기 레이저 빔 발생기(201)와 상이한 레이저 빔 발생기(169)로 생성될 수 있다. 도 1에 도시된 바와 같이, 상기 레이저 빔 발생기(169)는 상기 유리 분리 장치(149)로부터 분리될 수 있다. 추가적인 실시예들에서, 상기 유리 분리 장치(149)와 함께 이동하도록 상기 레이저 빔 발생기(169)가 장착될 수 있다. 예를 들어, 도 2, 4-6, 8 및 9에 도시된 바와 같이, 상기 레이저 빔 발생기(169)는 상기 유리 분리 장치(149)의 프레임, 섀시, 또는 다른 구조적 피쳐에 장착될 수 있다. 일부 실시예들에서, 상기 유리 분리 장치(149)의 이동은 대응하는 상기 레이저 빔 발생기(169)의 이동을 야기할 수 있다. 이러한 실시예들에서, 상기 유리 분리 장치(149)와 함께 이동시키기 위하여 상기 레이저 빔 발생기(169)를 장착시키는 것은 적절한 순간에 상기 위치(331)를 조사하도록 상기 레이저의 정렬을 단순화할 수 있다. 실제로, 상기 유리 분리 장치(149)가 상기 분리 경로(151)를 가열하도록 이동하는 유리 리본을 뒤따르는 실시예들에서, 상기 레이저 빔 발생기(169)는 마찬가지로 이동할 수 있으며, 상기 레이저 빔 발생기(169)가 상기 이동하는 리본을 추적하기 위해 그 위치를 조절하기 위해 또는 상기 리본과 함께 이동하는 위치(331)가 상기 레이저 빔 발생기(169)와 정렬될 때 정확한 시간에 상기 레이저 빔 발생기(169)의 활성을 맞출 필요 없이 항상 상기 분리 경로(151)의 상기 위치(331) 상에 포커싱될 수 있다. 또한, 상기 레이저 빔 발생기(169)는 상기 유리 리본(103)으로부터 상기 레이저 빔 발생기(169)로의 열의 조사를 감소시키기 위하여 상기 리본(103)으로부터 충분한 거리만큼(예를 들어, 상기 리본으로부터 1.5 미터 이상) 떨어져서 장착될 수 있다. 따라서, 상기 유리 리본(103)으로부터의 열로 인한 상기 레이저 빔 발생기(169)의 향상된 비용이 많이드는 냉각이 회피될 수 있다.

[0104] 일 실시예에서, 상기 레이저 빔 발생기(169)는 하위 표면 결함들이 제공될 수 있으나, 표면 결함과 같은 결함(801)을 생성하기 위해 사용될 수 있는 펄스 레이저를 생성할 수 있다. 일부 실시예들에서, 상기 레이저 빔 발생기(169)에 의해 생성된 상기 결함(801)은 크랙, 점 결함, 금 라인, 또는 다른 결함을 포함할 수 있으며, 이러한 결함은 선택적으로 융제(ablation) 공정에 의해 생성될 수 있다. 일부 실시예들에서, 상기 레이저 빔 발생기(169)는 CO_2 레이저 펄스 버스트에 의해 유도된 열 응력으로 인하여 상기 결함(801)을 생성하기 위해 더 낮은 전력의 펄스 버스트 모드의 CO_2 레이저를 포함할 수 있다. 추가적인 실시예들에서, 상기 레이저 빔 발생기(169)는 펄스 유도된 융제로 인한 상기 결함(801)을 개시할 수 있는 단펄스 다이오드 펌핑된 고상 레이저(DPSS 레이저)를 포함할 수 있다. 본 개시의 실시예들 중 임의의 하나에서, 상기 결함(801)은 상기 분리 경로(151)를 따라 상기 유리 리본의 분리를 적합하게 지향시키는 것을 돕도록 상기 분리 경로(151)의 방향으로 연장되는 길쭉한 융제를 포함할 수 있다.

[0105] 다른 실시예에서, 상기 결함(801)은 상기 분리 경로(151)를 따라 응력 프로파일을 생성하도록 상기 분리 경로(151)를 가열하는데 사용되는 것과 동일한 레이저 빔 발생기(201)에 의해 개시될 수 있다. 실제로, 이전에 논의된 바와 같이, 일부 실시예들에서, 상기 레이저 빔 발생기(201)에 의해 생성된 상기 레이저 빔의 일부는 상기 결함(801)을 생성하기 위해 상기 위치(331)를 더 가열하도록 재지향될 수 있다. 동일한 레이저 빔 발생기(201)를 사용하는 것은 상기 장치의 복잡성을 감소시키는 한편 충분한 수준의 응력이 상기 분리 경로(151)를 따라 달성되면 상기 결함(801)의 개시를 여전히 허용한다. 실제로, 상기 분리 경로(151)가 상기 분리 경로를 따라 원하는 응력 프로파일을 제공함에 따라, 상기 위치는 더 높은 온도에서 더 가열되며, 원하는 응력 프로파일이 상기 분리 경로(151)를 따라 달성되면 상기 결함(801)(예를 들어, 융제)이 발생하도록 설계된다. 따라서, 상기 분리 경로(151)를 따라 원하는 응력 프로파일을 생성하기 위해 상기 분리 경로(151)가 동일한 레이저 빔 발생기(201)에 의해 이미 가열되었으므로, 상기 레이저 빔 발생기(201)에 의해 생성된 상기 레이저 빔에의 상기 위치(331)의 노출이 상기 분리 경로(151)를 따라 상기 유리 리본(103) 내에 상기 결함(801)을 생성하기에 충분하면, 상기 유리 리본의 분리가 발생한다.

[0106] 일부 실시예들에서, 상기 결함은 상기 레이저 빔 스팟에 노출되는 상기 유리 리본의 측과 반대인 바깥으로 향하는 측에 위치될 수 있다. 추가적인 예들에서, 상기 결함은 상기 레이저 빔 스팟에 노출되는 상기 안으로 향하는 측 상에 위치될 수 있으며, 심지어 상기 유리 리본의 양 측들 상에 결함들을 포함할 수 있다. 또한 나아가, 상기 결함은 또한 상기 리본의 상기 외곽 엣지 상에, 하나의 코너 상에, 양 코너들 상에(예를 들어 두 결함들) 위치될 수 있거나, 또는 상기 결함은 상기 안으로 향하는 표면부터 상기 바깥으로 향하는 표면까지 연장되는 연속적인 결함일 수 있다.

[0107] 일부 실시예들에서, 금 라인으로서 상기 결함을 제공하는 것은 적절한 전신 크랙(1505)이 상기 분리 경로(151,

163)의 방향을 따라 향하게 하도록 돕는데 유익할 수 있다. 예를 들어, 상기 금 라인은 상기 분리 경로(151, 163)를 따라 연장되는 길이 및 상기 분리 경로에 수직한 폭을 가질 수 있다. 상기 금 라인은 일부 실시예들에서 표면 그루브 또는 다른 결함을 형성할 수 있는 표면 융제의 형태의 융제된 선을 포함할 수 있다. 예시적인 금 라인들은 넓은 범위의 길이들 및 폭들, 예컨대 약 0.5㎜ 내지 약 5㎜ 범위 내의 길이 및 약 0.1㎜ 내지 약 0.3㎜의 폭을 가질 수 있다. 표면 결함으로 제공되는 경우, 상기 결함의 깊이는 유리의 종류에 따라 약 5㎛ 내지 약 500㎛일 수 있다. 예를 들어, 화학적으로 강화된 유리의 경우, 상기 유리 리본의 화학적으로 강화된 층을 지나서 연장되도록 더 깊은 깊이를 가지는 결함이 제공될 수 있다.

[0108] 상기 결함(801)은, 상기 분리 경로 상에, 상기 분리 경로(151, 163)를 따라 임의의 위치에 제공될 수 있다. 일 실시예에서, 상기 결함은 상기 유리 리본의 상기 제1 및 제2 외곽 엣지들(153, 155) 중 하나 근처에 위치한다. 일 실시예에서, 후술된 바와 같이 상기 레이저 빔 스팟(209)의 스캐닝이 시작되는, 상기 제1 외곽 엣지(153) 근처에 상기 결함을 위치시키는 것이 유익할 수 있다. 예를 들어, 도 8에 도시된 바와 같이, 상기 결함(801)은 상기 유리 리본(103)의 상기 제1 외곽 엣지(153)와 상기 제2 외곽 엣지(155) 사이에 가해질 수 있거나, 또는 추가적인 실시예들에서 상기 결함은 상기 제1 엣지 및/또는 상기 제2 엣지에 제공될 수 있다. 상기 제1 엣지와 상기 제2 엣지 사이에 상기 결함을 가하는 것은, 상기 유리 리본의 상기 엣지에 존재할 수 있는 엣지 결함에서가 아니라, 상기 결함의 위치에서 크랙이 전파되기 시작하도록 돕는데 이로울 수 있다. 또한, 상기 유리 리본(103)의 상기 제1 엣지와 상기 제2 엣지 사이에 상기 결함을 가하는 것은 또한 상기 유리 리본의 보다 신속한 분리를 야기할 수 있다. 일부 실시예들에서, 상기 결함은 상기 유리 리본(103)의 상기 외곽 엣지부들(211a, 211b)에서 흔히 발견되는 두꺼워진 엣지 비드 상에 생성될 수 있다. 대안적으로, 도 8 및 9에 도시된 바와 같이, 상기 결함은 선택적으로 상기 두꺼워진 엣지 비드들의 안쪽에 제공될 수 있다. 도 8 및 도 9에 도시된 바와 같이, 일부 실시예들에서, 상기 결함(801)은 상기 제1 엣지(153, 165)로부터 거리(D)를 두고 생성될 수 있으며, 상기 결함(801)이 상기 외곽 엣지에 생성된 일부 실시예들에서, "D"는 0㎜이다. 일부 실시예들에서 상기 결함(801)은 0㎜ 내지 약 50㎜, 예를 들어 0㎜ 내지 약 35㎜, 예를 들어 0㎜ 내지 25㎜, 예를 들어 약 0㎜ 내지 약 10㎜의 거리(D)에 생성될 수 있다. 실제로, 상기 결함(801)은 상기 분리 경로를 따른 임의의 위치에 생성될 수 있다. 또한, 둘 또는 임의의 복수의 결함들은 상기 분리 경로를 따라 생성될 수 있으며, 상기 분리는 상기 제1 엣지로부터 상기 제2 엣지를 향하는, 상기 제2 엣지로부터 상기 제1 엣지를 향하는 방향으로 발생할 수 있거나, 분리는 상기 제1 엣지 및 상기 제2 엣지 둘 모두를 향하는 양 방향으로 발생할 수 있다. 예를 들어, 하나 또는 복수의 결함들(801)은 상기 분리 경로의 중심부에 제공될 수 있으며, 상기 분리는 대향하는 방향들로(즉, 상기 제1 엣지 및 상기 제2 엣지를 향해) 동시에 전파되는 하나 이상의 크랙들과 함께 발생할 수 있다.

[0109] 일부 실시예들에서, 상기 결함은 상기 분리 경로의 중심부에, 또는 상기 유리 리본(103)의 상기 제1 엣지 또는 상기 제2 엣지에 더 가깝게 생성될 수 있다. 일 실시예에서, 도 8에 도시된 바와 같이, 상기 결함(801)은 상기 제2 엣지(155)보다 상기 제1 엣지(153)에 더 가깝게 생성될 수 있다. 상기 유리 리본의 상기 제1 외곽 엣지(153)에 더 가깝게 (예를 들어, 상기 제1 외곽 엣지(153)로부터 거리(D)를 두고) 상기 결함(801)을 제공하는 것은, 상술한 바와 같이, 상기 레이저 빔 스팟(209)이 상기 유리 리본의 상기 제1 외곽 엣지(153)로부터 상기 제2 외곽 엣지(155)를 향해 단일한 방향(225)으로 이동하는 경우 특히 유익할 수 있다. 이러한 실시예에서, 상기 유리 리본(103)의 상기 제1 외곽 엣지(153)는 상기 레이저 빔 스팟(209)의 상기 단일한 방향(225)으로 상기 레이저 빔 스팟(209)의 상기 분리 경로를 따라 상류이다. 상기 전신 크랙이 상기 레이저 빔 스팟(209)의 상기 단일한 방향(225)으로 전파하는 경향이 있으므로, 상기 유리 리본의 상기 제1 외곽 엣지(153)에 더 가깝게 상기 결함을 위치시키는 것은, 상기 전신 크랙(1505)을 상기 방향(225)으로 상기 유리 리본의 폭(또는 길이)를 가로질러 신속하게 하류로 전파시키도록 도울 수 있다. 또한, 상기 결함(801)은 상기 전신 크랙(1505)이 상류로 전파되어 상기 제1 외곽 엣지(153)와 교차 가능하도록 충분히 가까울 수 있는 거리(D)를 두고 위치될 수 있다.

[0110] 또한, 도 9를 참조하면, 상기 레이저 빔들(902, 904, 906, 908, 910)은, 각각의 레이저 빔의 레이저 빔 스팟이 상기 대응하는 단일한 방향(225a, 225b, 225c, 225d, 225e)을 따라 순차적인 패턴으로 이동하여, 인접한 레이저 빔 스팟들이 상기 중첩 영역들(911, 913, 915, 917)을 따라 공존할 수 있도록 시간이 맞춰질 수 있다. 이와 같이, 레이저 빔 스팟은 상기 유리 리본의 전체 폭 또는 길이를 가로질러 상기 단일한 방향을 따라 실질적으로 연속적으로 이동하여, 상기 전체 분리 경로를 따라 상기 전신 크랙을 신속하게 이동시키도록 도울 수 있다.

[0111] 상술된 임의의 방법들은, 유리 웹, 예컨대 유리 시트 또는 유리 리본을 분리하는데 적용될 수 있다. 이와 같이, 상기 유리 리본(103)과 관련하여 논의된 실시예들은 또한 상기 유리 시트(104) 또는 다른 유리 웹에도 적용될 수 있다. 예를 들어, 도 1과 관련하여 도시된 바와 같이, 상기 분리 경로(151)는 상기 유리 리본(103)의 상기 제1 외곽 엣지(153)와 상기 제2 외곽 엣지(155) 사이에 상기 유리 리본(103)의 상기 폭(W)을 가로질러 연장될

수 있다. 이러한 실시예들에서, 상기 결함을 생성하는 것은, 도 1에 도시된 바와 같이, 상기 유리 리본(103)으로부터 유리 시트(104)를 분리한다. 도 1에 또한 도시된 추가적인 실시예들에서, 상기 분리 경로(163)는 상기 유리 시트의 상기 제1 엣지(165)와 상기 제2 엣지(167) 사이에 상기 유리 시트(104)의 상기 길이(L2)를 따라 연장될 수 있다. 이러한 실시예들에서, 상기 결함을 생성하는 것은 상기 유리 시트(104)의 상기 중심부(161)로부터 상기 유리 시트(104)의 상기 엣지부(159)를 분리할 수 있다.

[0112] 임의의 상기 방법들은 평평할 수 있거나(도시된 바와 같이), 또는 예컨대 C자형, S자형, 또는 다른 구성으로 휘어진 평평하지 않은(예를 들어, 휘어진) 구성을 가질 수 있는 넓은 범위의 유리 리본들의 분리를 용이하게할 수 있다. 또한, 임의의 방법들은 실질적으로 균일한 두께 또는 불균일한 변화하는 두께를 가지는 유리 리본들의 분리를 용이하게할 수 있다. 예를 들어, 도시된 바와 같이, 비교적 두꺼운 엣지 비드들 및 비교적 얇은 중심부를 가지는 유리 리본이 분리될 수 있다.

[0113] 다른 실시예에서, 상기 유리 리본은 상기 유리 리본이 상대적으로 정지된 상태일 때, 또는 상기 유리 리본이 움직이고 있을 때 분리될 수 있다. 예를 들어, 상기 유리 리본이 성형기 부재로부터 드로우되는 동안, 또는 상기 유리 리본이 상기 성형 부재에 대하여 약간 흔들리거나 및/또는 돌아가는 경우, 상기 유리 리본은 움직이는 동안 분리될 수 있다. 또한 나아가, 본 개시의 임의의 방법들은 대략 상기 유리 리본의 변형점을 초과하지 않는 상승된 온도에 있는 유리 리본을 분리하는데 사용될 수 있다.

[0114] 또한, 본 개시의 방법들은 강화되지 않은 유리 또는 강화된 유리를 분리하는데 사용될 수 있다. 예를 들어, 방법들은 압축 하의 적어도 하나의 외부층 및 인장 하의 다른 층을 포함하는 강화된 유리 리본(예를 들어, 화학적으로 강화된 유리 리본)을 분리하는데 사용될 수 있다. 특정한 일 실시예에서, 본 개시의 방법들은, 상기 유리 리본의 2개의 주표면들이 압축 하에 있고 상기 유리의 상기 중심부가 인장 하에 있는, 양측들이 강화된 강화된 유리를 분리하는데 사용될 수 있다.

[0115] 추가적인 실시예들에서, 본 개시의 방법들은 적층된 유리 리본 층들을 포함하는 유리 리본을 분리하는데 사용될 수 있다. 일 실시예에서, 상기 적층된 구조체는 압축 표면층 및 인장 하의 중심층이 제공될 수 있다. 다른 실시예에서, 상기 적층된 구조체는 2개의 압축 표면 층들 및 상기 2개의 압축층들 사이에 샌드위치된 인장 하의 중심층이 제공될 수 있다. 또한 추가적인 실시예들에서, 본 개시의 방법들은 복수의 층들 중 적어도 2개가 상이한 조성들 및/또는 상이한 열 팽창 계수들을 포함하는 적층된 유리 리본 층들을 분리하는데 사용될 수 있다. 다른 실시예들에서, 상기 유리 리본은 화학적으로 또는 열적으로 강화된 유리 리본일 수 있으며, 상기 유리 리본은 이온 교환 또는 열처리에 의해 생성된 표면 압축 응력층을 포함한다.

[0116] 추가적인 실시예들에서, 상기 레이저 빔의 초점 깊이는 상기 유리 리본 두께 변화의 진폭, 휨의 진폭, 상기 레이저 소스에 대한 유리 움직임의 진폭 또는 다른 가공 조건들의 변화들을 초과할 수 있다.

[0117] 도 10-17은 상기 유리 리본이 상기 유리 리본의 길이 방향을 따라 이동하는 동안 상기 유리 리본(103)을 분리할 수 있는 예시적인 장치 및 방법들을 도시한다. 달리 언급되지 않는한, 도 1-9를 참조하여 상술된 본 개시의 양상들은 도 10-17의 예시적인 장치 및 방법들에 적용될 수 있다.

[0118] 도 10-13은 상기 유리 리본(103)으로부터 상기 유리 시트(104)를 분리하기 위한 예시적인 유리 분리 장치(1049)를 도시한다. 도 14-17은 상기 유리 리본(103)으로부터 상기 유리 시트(104)를 분리하기 위한 다른 예시적인 유리 분리 장치(1449)를 도시한다. 도10-13 및 도 14-17의 실시예들은 도 1-9에 도시된 실시예들과 유사하거나, 동일할 수 있으나 하나 이상의 반사기들(205a-c)이 선택적으로 제거되어 단순화될 수 있다. 각각의 유리 분리 장치(1049, 1449)는 적어도 하나의 레이저, 예컨대 위에서 보다 상세히 논의된 바와 같은 상기 레이저 빔(203)을 생성하는 상기 레이저 빔 발생기(201)를 포함한다. 각각의 유리 분리 장치(1049, 1449)는 제1 반사기, 예컨대 상술한 다각형 반사기(215)를 더 포함한다. 전술한 바와 같이, 상기 다각형 반사기(215)는 전술한 제1 반사 표면을 포함할 수 있다. 상기 제1 반사 표면은 제1 회전 축(218)에 대하여 (예를 들어 반시계 방향(217)으로) 회전가능하다. 전술한 바와 같이, 일부 실시예들에서 상기 다각형 반사기(215)의 상기 제1 반사 표면(219)은 전술한 8개의 반사 표면 세그먼트들(19a-h)과 유사하거나 동일한 복수의 반사 표면 세그먼트들을 포함할 수 있다. 도 10-13 및 도 14-17의 실시예들에 또한 도시된 바와 같이, 상기 복수의 반사 표면 세그먼트들은 상기 제1 회전 축(218)에 대하여 (예를 들어, 반시계 방향(217)으로) 회전될 수 있어, 상기 반사 표면 세그먼트들로부터 상기 레이저 빔(203)을 반사하여 결과적인 레이저 빔 스팟(209)이 상기 유리 리본의 상기 폭(W)의 방향과 같은 운반 방향(1001)을 가로지르는 방향으로 상기 유리 리본(103) 상의 상기 분리 경로(151)를 따라 반복적으로 통과하도록하여 상기 분리 경로(151)를 따라 열 응력을 생성한다.

[0119] 도 10-13 및 도 14-17에 도시된 실시예들에 도시된 바와 같이, 상기 유리 리본(103)으로부터 상기 유리 시트(104)를 분리하기 위한 상기 유리 분리 장치(1049, 1449)는 방향(1003, 1405)을 따라 대응하는 제2 회전 축(227, 1403)에 대하여 회전가능할 수 있어 상기 레이저 빔(203)을 반사하여 상기 레이저 빔 스팟(209)이 상기 운반 방향(1001)으로 이동하게 하는 각각의 제2 반사 표면(206, 1402)을 포함하는 제2 반사기(205d, 1401)를 더 포함한다. 일부 실시예들에서, 상기 방법은 상기 레이저 빔 스팟(209)을 상기 운반 방향(1001)으로의 상기 유리 웹 속도 벡터와 동일한 상기 운반 방향(1001)으로의 레이저 빔 스팟 속도 벡터를 포함하는 레이저 빔 스팟 속도로 이동시키는 단계를 포함한다. 이와 같이, 상기 레이저 빔 스팟(209)은, 상기 유리 리본(103)이 상기 운반 방향(1001)(예를 들어, 드로우 방향)으로 이동하더라도, 동일한 상기 분리 경로(151) 상에 남아 상기 분리 경로(151)를 연속적으로 가열하며 결과적으로 연속적으로 상기 분리 경로(151)를 따라 열 응력을 증가시킨다. 다운드로우 공정에서, 상기 레이저 빔 스팟(209)은 상기 드로우 방향(1001)으로의 상기 유리 리본의 속도와 동일하거나 실질적으로 동일한 상기 드로우 방향(1001)으로의 속도 벡터를 포함할 수 있다. 이와 같이, 상기 레이저 빔 스팟(09)은, 상기 유리 리본이 상기 유리 리본(103)의 상기 드로우 방향으로 움직이더라도, 상기 유리 리본(103)의 동일한 분리 경로(151) 상에 남아 있어 상기 분리 경로를 연속적으로 가열하고 결과적으로 상기 분리 경로(151)를 따라 상기 열 응력을 연속적으로 증가시킨다.

[0120] 도 10-13 및 도 14-17에 도시된 바와 같이, 상기 제1 회전 축(218)은 상기 제2 회전 축(227, 1403)과 수직할 수 있으나, 상기 제1 축 및 제2 축은 광학적 구성 및/또는 상기 레이저 빔 스팟(209)의 원하는 속성들에 따라 서로에 대하여 다른 각도로 배향될 수 있다.

[0121] 일부 실시예들에서, 상기 제1 반사기는 상기 제2 반사기에 대하여 상류 또는 하류에 위치될 수 있다. 예를 들어, 도 10-13의 상기 유리 분리 장치(1049)는 상기 제2 반사기(205d)가 상기 제1 반사기(215)의 상류에 위치되어 상기 레이저 빔(203)이 상기 제1 반사기(215)의 상기 제1 반사 표면(219)에서 반사되기 전에 상기 제2 반사기(205d)의 상기 제2 반사 표면(206)에서 반사되는 실시예를 도시한다. 도 2-7에 도시된 바와 같이, 상기 제2 회전 축(227)에 대하여 회전가능한 상기 제2 반사기(205d)는 위에서 보다 상세히 논의된 상기 유리 분리 장치(149)에 제공될 수 있다. 이러한 실시예들에서, 상기 유리 분리 장치(149)는 상기 제2 반사 표면(206)을 상기 제2 회전 축(227)에 대하여 회전시키는 옵션을 포함할 수 있다. 일부 실시예들에서, 상기 분리 장치는 상기 제2 회전 표면(206)의 회전을 막는 선택을 허용할 수 있다. 상기 제2 회전 표면(206)의 회전을 막는 것은 상기 유리 리본이 상기 유리 리본의 길이를 따라 움직이지 않는 어플리케이션들에서 바람직할 수 있다.

[0122] 대안적으로, 도 14-17의 상기 유리 분리 장치(1449)는 상기 제1 반사기(215)가 상기 제2 반사기(1401)의 상류에 위치되어 상기 레이저 빔(203)이 상기 제2 반사기(1401)의 상기 제2 반사 표면(1402)에 반사되기 전에 상기 제1 반사기(215)의 상기 제1 반사 표면(19)에 반사되는 실시예를 도시한다. 이러한 실시예에서, 도 2-7에 도시된 구성이 사용될 수 있으며 여기서 반사기들(205a-d) 모두는 회전 능력을 포함하지 않는다. 이와 같이, 상기 유리 분리 장치는 상기 유리 리본이 상기 유리 리본의 길이를 따라 움직이지 않는 어플리케이션들에 사용될 수 있다. 대안적으로, 상기 제2 반사기(1401)는 상기 유리 리본의 길이 방향으로의 상기 레이저 빔 스팟의 움직임을 가능하게 하기 위해 추가적으로 제공될 수 있다.

[0123] 일부 실시예들에서, 상기 적어도 하나의 레이저 빔 발생기(201)는 각각 상기 분리 경로(151)의 대응하는 가열된 세그먼트를 따라 열응력을 생성하는 복수의 레이저 빔 스팟들(209)을 생성할 수 있다. 예를 들어, 도 9에 도시된 바와 같이, 각각의 도시된 제2 반사기들(205d)은 상기 제2 회전 축(227)에 대하여 회전 가능한 반사 표면을 포함할 수 있어 각각의 가열된 세그먼트들(901, 903, 905, 907, 909)이 상기 유리 리본의 상기 운반 방향을 따라 이동하게 하여 각각의 레이저 빔의 각각의 레이저 빔 스팟에 연속적으로 상기 분리 경로(151)를 노출시킨다.

[0124] 일부 실시예들에서, 상기 제2 반사기(205d, 1401)는 상기 제1 반사기(215) 없이 제공될 수 있다. 이러한 실시예들에서, 상기 적어도 하나의 레이저 빔 발생기는 상기 유리 리본의 폭 전체를 따라 또는 상기 유리 리본의 폭 전체보다 길게 연장되는 단일한 레이저 빔 스팟을 생성하도록 설계될 수 있다. 대안적으로, 상기 적어도 하나의 레이저 빔 발생기는 함께 상기 유리 리본의 폭 전체를 따라 또는 상기 유리 리본의 폭 전체보다 길게 연장되는 복수의 정지된 레이저 빔 스팟들(예를 들어, 선택적으로 서로 부분적으로 중첩될 수 있음)을 생성할 수 있다. 이러한 실시예들에서, 정지된 단일한 길쭉한 레이저 빔 스팟 또는 복수의 정지된 레이저 빔 스팟들이 상기 분리 경로의 폭 전체에 걸치므로, 상기 분리 경로를 따라 이동하는 단일한 레이저 빔 스팟은 필요하지 않다. 이러한 실시예들에서, 상기 제2 반사기(205d, 1401)는, 상기 유리 리본이 상기 운반 방향(1001)을 따라 움직이더라도, 상기 단일한 레이저 빔 스팟 또는 복수의 레이저 빔 스팟들이 상기 유리 리본의 운반 방향(1001)(예를 들어, 드로우 방향)을 따라 상기 유리 리본과 함께 이동하게 하여 상기 분리 경로(151)를 연속적으로 가열하도록 제공될

수 있다.

[0125] 상기 유리 리본(103)으로부터 상기 유리 시트(104)를 분리하는 방법들이 이제 기술될 것이다. 상기 방법은 상기 유리 리본(103)을 상기 유리 리본의 길이 방향으로 이동시키는 단계를 포함한다. 일부 실시예들에서, 상기 유리 리본(103)은 이동, 예컨대 이전에 생산된 유리 리본의 스풀로부터 풀릴 수 있으며, 상기 유리 리본의 풀린 부분은 상기 유리 리본의 길이를 따라 이동한다. 이러한 실시예에서, 상기 유리 리본의 스풀은 풀릴 수 있으며 여기서 상기 유리 리본의 스풀로부터 상기 유리 리본을 푸는 공정을 중단시키지 않으면서 상기 유리 시트는 상기 유리 리본으로부터 분리될 수 있다. 또한, 상기 유리 리본(103)의 도시된 실시예는 운반 방향(1001)(예를 들어, 드로우 방향), 예컨대 중력 방향으로 이동되는 것으로 보여지며, 여기서 상기 드로우 방향은 상기 유리 리본의 길이의 방향 및 상기 유리 리본의 운반 방향과 동일한 방향이다. 대안적인 실시예들에서, 상기 유리 리본은 중력에 비스듬하거나 심지어 수직한 방향으로 이동될 수 있다. 실제로, 상기 유리 리본(103)은 수송 동안 및/또는 상기 유리 리본의 가공 동안 수평적으로 상기 유리 리본의 길이를 따라, 예를 들어 에어 바 상에서, 이동할 수 있다. 이러한 실시예들에서, 상기 유리 리본이 측방향의(예를 들어, 수평의) 운반 방향으로 이동함에 따라 상기 유리 시트(104)가 상기 유리 리본(103)으로부터 분리될 수 있다.

[0126] 상기 방법은 상기 유리 리본(103)을 손상시키지 않으면서 상기 분리 경로(151)를 따라 열 응력을 생성하기 위해 적어도 하나의 레이저 빔 스팟(209)에 상기 유리 리본(103) 상의 상기 분리 경로(151)를 노출시키는 단계를 더 포함할 수 있다. 상기 분리 경로(151)는 상기 제1 주표면(213) 상의 경로로 간주되며, 여기서 예를 들어 상기 분리 경로를 따라, 아래 보다 상세히 설명된 결함의 생성에 반응하여 상기 유리 리본의 상기 제1 주표면으로부터 상기 유리 리본의 상기 제2 주표면까지 상기 유리 리본의 두께 전체를 통해, 형성되는 전신 크랙에 의해 분리가 일어날 것이다. 상기 분리 경로(151)는 상기 유리 리본의 폭(W)의 방향으로 연장될 수 있다. 예를 들어, 상기 분리 경로(151)의 결과적인 방향 벡터가 상기 유리 리본의 폭(W)의 결과적인 방향 벡터와 동일하도록 상기 분리 경로는 상기 길이(L1)에 선택적으로 수직할 수 있다. 이러한 실시예에서, 분리는 상기 유리 리본의 상기 외곽 엣지들(153, 155)(즉, 서로 평행한 외곽 엣지들(153, 155))에 수직한 상기 분리 경로를 따라 연장되는 분리된 엣지를 포함하는 유리 리본을 야기할 수 있다. 대안적으로, 상기 분리 경로는 길이(L1)에 수직하지 않고 비스듬할 수 있으며, 상기 분리 경로(151)의 결과적인 방향 벡터는 상기 유리 리본의 폭(W)의 결과적인 방향 벡터와 동일하지 않다. 이러한 예에서, 분리는 상기 외곽 엣지들(153, 155)(즉, 평행한 외곽 엣지(153, 155)) 중 하나에 대하여 예각을 이루고 상기 평행한 외곽 엣지들(153, 155) 중 다른 하나데 대하여 둔각을 이루는 상기 분리 경로를 따라 연장되는 분리된 엣지를 포함하는 상기 유리 리본을 야기할 수 있다.

[0127] 도면들에 도시되고 상술된 바와 같이, 상기 방법은 상기 적어도 하나의 레이저 빔(203)을 대응하는 레이저 빔 스팟(209)에서 예컨대 상기 유리 리본(103)의 상기 제1 주표면(213)와 같은 주표면 상에 교차시키는 단계를 포함할 수 있다. 상기 방법은 상기 분리 경로(151)를 따라 열 응력을 생성하기 위해 상기 유리 리본(103)의 상기 폭(W)의 상기 방향(225)으로 상기 분리 경로(151)를 따라 상기 레이저 빔 스팟(209)을 반복적으로 통과시키는 단계를 포함할 수 있다. 일부 실시예들에서, 상기 레이저 빔 스팟(209)은, 상기 유리 리본(103)의 상기 제2 외곽 엣지(155)로부터 상기 제1 외곽 엣지(153)로 반대 방향으로 이동하지 않으며, 상기 유리 리본(103)의 상기 제1 외곽 엣지(153)로부터 상기 제2 외곽 엣지(155)를 향해 단일한 방향으로(예를 들어, 방향(225)으로) 이동할 수 있다.

[0128] 예시적인 방법들은 상기 레이저 빔 스팟(209)이 상기 유리 리본(103)의 폭(W)의 상기 방향(225)으로 상기 분리 경로(151)를 따라 반복적으로 통과하게하기 위하여 상기 제1 회전 축(218)에 대하여 회전하는 제1 반사기(215)의 상기 제1 반사 표면(219)에서 상기 적어도 하나의 레이저 빔(203)을 반사시키는 단계를 포함할 수 있다. 상술된 바와 같이, 상기 제1 반사기(215)는 회전하여 상기 레이저 빔 스팟(209)이 상기 단일한 방향(225)으로 이동하게하는 다각형 반사기를 포함할 수 있다.

[0129] 본 개시의 방법들은 상기 레이저 빔이 상기 유리 리본(103)과 함께 이동하도록 상기 운반 방향(1001)(예를 들어, 드로우 방향, 상기 유리 리본(103)의 길이(L1) 방향 등)으로 상기 레이저 빔을 이동시키는 단계를 더 포함할 수 있다. 이와 같이, 상기 유리 리본(103)이 상기 운반 방향(1001)으로 이동하는 동안 상기 분리 경로(151)는 상기 레이저 빔에 지속적으로 노출되어 상기 분리 경로(151)를 따라 지속적으로 열 응력을 생성한다.

[0130] 상기 레이저 빔의 상기 운반 방향(1001)으로의 이러한 움직임은 상기 유리 리본(103)이 상기 유리 리본(103)의 폭(W) 전체를 따라 가열되는 임의의 상기 실시예들에서 수행될 수 있다. 예를 들어, 상기 레이저 빔의 이러한 움직임은 상기 레이저 빔 발생기가 단일한 정지된 레이저 빔 또는 정지되며 서로 중첩되는 복수의 레이저 빔들(및 그들 각각의 레이저 빔 스팟들)을 제공하는 실시예들에서 제공될 수 있다. 추가적인 실시예들에서, 상기 레

이저 빔의 상기 운반 방향(1001)으로의 이러한 움직임은 상기 레이저 빔 스팟(209) 또는 복수의 레이저 빔 스팟들(도 9 참조)을 상기 분리 경로(151)를 따라 반복적으로 통과시키는 단계를 또한 포함하는 실시예들을 포함할 수 있다. 이러한 실시예들에서, 상기 방법은, 상기 레이저 빔 스팟(209)이 상기 분리 경로(151)를 따라 상기 유리 리본(103)의 폭(W)의 방향으로 반복적으로 통과하는 것을 지속하여 상기 분리 경로(151)를 따라 상기 열 응력을 생성하는 것을 지속하는 동안 상기 레이저 빔 스팟(209)이 상기 유리 리본(103)과 함께 이동하도록 상기 운반 방향(1001)으로 상기 레이저 빔 스팟을 이동시키는 단계를 포함한다.

[0131] 도10-13 및 도 14-17의 실시예들에 도시된 바와 같이, 상기 방법들은, 상기 레이저 빔이 상기 유리 리본과 함께 이동하도록, 상기 레이저 빔이 상기 운반 방향(1001)(예를 들어 드로우 방향)으로 움직이도록하게 하기 위하여, 상기 회전하는 반사 표면(206, 1402)에서 상기 적어도 하나의 레이저 빔(203)을 반사시키는 단계를 포함할 수 있다. 이러한 방법에서, 도 10-13 및 도 14-17의 각 실시예는 상기 분리 경로(151)가 심지어 상기 방향(1001)으로 이동하는 동안 상기 분리 경로(151)를 따라 열 응력을 생성한다.

[0132] 예시로서, 도 10-13에 도시된 장치로써 상기 분리 경로(151)를 따라 열 응력을 생성하는 실시예들이 논의될 것이다. 먼저 도 10을 참조하면, 상기 레이저 빔 발생기(201)에 의해 생성된 레이저 빔(203)이 하나 이상의 광학 렌즈들(207)을 통과하여 원하는 형상의 레이저 빔 스팟을 생성할 수 있다. 상기 레이저 빔(203)은 이후 상기 상기 제1 반사 표면(219) 전에 제2 회전 축(227)에 대하여 제1 회전 위치에서 상기 제2 반사 표면(206)에 반사된다. 도 10에 도시된 상기 제1 회전 위치에 있는 동안, 상기 제2 반사 표면 표면(206)은 상기 레이저 빔(203)을 반사하여 제1 위치(1005a)에서 상기 제1 반사 표면(219)과 교차한다. 상기 레이저 빔은 이후 상기 제1 위치(1005a)로부터 상기 제1 반사 표면(219)에 반사되어 상술한 바와 같이 상기 제1 회전 축(218)에 대하여 상기 제1 반사기(215)의 회전 위치에 의존하는 상기 분리 경로 상의 측방향 위치에서 상기 분리 경로(151)와 교차한다. 실제로, 도시된 상기 다각형 반사기를 상기 제1 반사기(215)로서 사용할 경우, 상기 다각형 반사기의 상기 제1 회전 축(218)에 대한 상기 반시계 방향(217)으로의 회전은 상기 레이저 빔 스팟이 상기 유리 리본(103)의 상기 제1 외곽 엣지부(211a)로부터 제2 외곽 엣지부(211b)를 향해 방향(225)으로 상기 분리 경로(151)를 따라 이동하게할 것이다. 또한 상술된 바와 같이, 상기 레이저 빔 스팟을 반복적으로 통과시키는 단계는 선택적으로 단일한 방향(예를 들어, 상기 방향(225))으로 상기 레이저 빔 스팟을 반복적으로 통과시키는 단계를 포함할 수 있다. 단일한 방향으로 상기 레이저 빔 스팟을 반복적으로 통과시키는 단계는 아래 보다 상세히 설명된 바와 같이 상기 분리 경로 상에 결함을 생성하자마자 상기 유리 리본(103)으로부터 상기 유리 시트(104)를 신속하게 분리하는 것을 도울 수 있다.

[0133] 상기 제2 반사 표면(206)은 상기 제2 회전 축(227)에 대하여 회전 속도(예를 들어, 일정한 회전 속도)로 회전될(예를 들어, 연속적으로 회전될) 수 있어 상기 제1 반사 표면(219)의 반사되는 위치가 예컨대 도시된 방향과 같은 상기 제1 회전 축(218)에 평행한 방향(1007)으로 이동한다. 상기 방향(1007)으로 반사 위치를 이동시키는 것은 상기 분리 경로가 상기 운반 방향(1001) 및 상기 운반 방향(1001)을 가로지르는(예를 들어, 수직한) 상기 방향(225)으로 이동하는 동안 상기 상기 레이저 빔 스팟(209)이 상기 운반 방향(1001)으로 상기 유리 리본을 따라가 상기 레이저 빔 스팟이 상기 분리 경로(151)와 지속적으로 교차하게하도록 도울 수 있다.

[0134] 상기 제2 반사 표면(206)은 상기 제2 회전 축(227)에 대하여 방향(1003)으로 상기 제1 회전 위치(도 10에 도시됨)로부터 제2 회전 위치(도 11에 도시됨)로 회전될 수 있다. 도 11에 도시된 상기 제2 회전 위치에 있는 동안, 상기 제2 반사 표면(206)은 상기 레이저 빔(203)을 반사하여 상기 제1 위치(1005a)로부터 하류에 있는 제2 위치(1005b)에서 상기 제1 반사 표면(219)과 교차한다. 상기 레이저 빔은 이후 상기 제2 위치(1005b)로부터 상기 제1 반사 표면(219)에 반사되어 상기 레이저 빔 스팟(209)을 도 10에 도시된 상기 분리 경로(151)의 위치에 비하여 방향(1001)으로 하류로 이동된 상기 분리 경로(151)와 교차시킨다.

[0135] 상기 제2 반사 표면(206)은 상기 제2 회전 위치(도 11에 도시됨)으로부터 상기 제2 회전 축(227)에 대하여 방향(1003)으로 제3 회전 위치(도 12에 도시됨)으로 또한 더 회전될 수 있다. 도 12에 도시된 상기 제3 회전 위치에 있는 동안, 상기 제2 반사 표면(206)은 상기 레이저 빔(203)을 반사하여 상기 제2 위치(1005b)로부터 하류에 있는 제3 위치(1005c)에서 상기 제1 반사 표면(219)과 교차한다. 상기 레이저 빔은 이후 상기 제3 위치(1005c)로부터 상기 제1 반사 표면(219)에 반사되어 상기 레이저 빔 스팟(209)을 도 11에 도시된 상기 분리 경로(151)의 위치에 비하여 방향(1001)으로 하류로 이동된 상기 분리 경로(151)와 교차시킨다.

[0136] 인식될 수 있는 바와 같이, 도 10-12는 상기 제2 반사 표면(206)의 증분적인 움직임들 및 상기 분리 경로(151)의 증분적 위치들을 도시하나, 상기 제2 반사 표면(206)의 움직임은 상기 제2 회전 축(227)에 대하여 연속적으로 회전될 수 있어 상기 분리 경로가 상기 유리 리본의 길이 방향으로 이동함에 따라 상기 레이저 빔 스팟(20

9)이 상기 분리 경로(151)와 연속적으로 교차하게 한다.

[0137] 도 14-17에 도시된 장치로써 상기 분리 경로(151)를 따라 열 응력을 생성하는 실시예들이 이제 논의될 것이다. 도 14를 먼저 참조하면, 상기 레이저 빔 발생기(201)에 의해 생성된 상기 레이저 빔(203)은 하나 이상의 광학 렌즈들(207)을 통과하여 원하는 형상의 레이저 빔 스팟을 생성할 수 있다. 상기 레이저 빔(203)은 이후 선택적으로 하나 이상의 정지된 반사기들(1406)에 반사되어 상기 제2 반사 표면(1402)과 교차하기 전에 상기 제1 반사 표면(219)과 교차한다. 일 실시예에서, 상기 레이저 빔(203)은 위치(1409)에서 상기 제1 반사 표면(219)과 교차한다. 상기 레이저 빔은 이후 상기 제2 회전 축(1403)에 대하여 제1 회전 위치인 상기 제2 반사기(1401)의 상기 제2 반사 표면(1402)에 반사되기 전에 선택적으로 하나 이상의 추가적인 반사기들(1407)에 반사된다. 도 14에 도시된 상기 제1 회전 위치에 있는 동안, 상기 제2 반사 표면(1402)은 상기 레이저 빔(203)을 반사하여 상기 레이저 빔 스팟(209)을 상술된 바와 같은 상기 제1 회전 축(218)에 대하여 상기 제1 반사기(215)의 회전 위치에 의존하는 상기 분리 경로 상의 측방향 위치에서 상기 분리 경로(151)와 교차시킨다. 실제로, 상기 제1 반사기(215)로서 도시된 상기 다각형 반사기를 사용할 경우, 상기 다각형 반사기의 상기 제1 회전 축(218)에 대한 상기 반시계 방향(217)으로의 회전은 상기 레이저 빔 스팟(209)이 상기 유리 리본(103)의 상기 제1 외곽 엣지부(211a)로부터 제2 외곽 엣지부(211b)를 향해 방향(225)으로 상기 분리 경로(151)를 따라 이동하게 할 것이다. 또한 상술된 바와 같이, 상기 레이저 빔 스팟을 반복적으로 통과시키는 단계는 선택적으로 단일한 방향(예를 들어, 상기 방향(225))으로 상기 레이저 빔 스팟을 반복적으로 통과시키는 단계를 포함할 수 있다.

[0138] 상기 제2 반사 표면(1402)은 상기 제2 회전 축(1403)에 대하여 회전 속도(예를 들어, 일정한 회전 속도 또는 조절된 회전 속도)로 회전될(예를 들어, 연속적으로 회전될) 수 있어 상기 분리 경로가 상기 유리 리본의 길이의 방향(1001) 및 상기 유리 리본의 폭의 방향(225)으로 이동하는 동안 상기 레이저 빔 스팟이 상기 분리 경로(151)와 연속적으로 교차하게 한다.

[0139] 상기 제2 반사 표면(1402)은 상기 제1 회전 위치(도 14에 도시됨)로부터 상기 제2 회전 축(1403)에 대하여 상기 방향(1405)으로 제2 회전 위치(도 15에 도시됨)로 회전될 수 있다. 도 15에 도시된 상기 제2 회전 위치에 있는 동안 상기 제2 반사 표면(1402) 상기 레이저 빔(203)을 반사하여 도 14에 도시된 상기 분리 경로(151)의 위치에 비하여 방향(1001)으로 하류로 이동한 상기 분리 경로(151)와 교차시킨다.

[0140] 상기 제2 반사 표면(1402)은 상기 제2 회전 위치(도 15에 도시됨)로부터 상기 제2 회전 축(1403)에 대하여 상기 방향(1405)으로 제3 회전 위치(도 16에 도시됨)로 더 회전될 수 있다. 도 16에 도시된 상기 제3 회전 위치에 있는 동안 상기 제2 반사 표면(1402) 상기 레이저 빔(203)을 반사하여 도 15에 도시된 상기 분리 경로(151)의 위치에 비하여 방향(1001)으로 하류로 이동한 상기 분리 경로(151)와 상기 레이저 빔 스팟(209)을 교차시킨다.

[0141] 인식될 수 있는 바와 같이, 도 14-16은 상기 제2 반사 표면(206)의 증분적인 움직임들 및 상기 분리 경로(151)의 증분적 위치들을 도시하나, 상기 제2 반사 표면(206)의 움직임은 상기 제2 회전 축(1403)에 대하여 연속적으로 회전될 수 있어 상기 분리 경로가 상기 유리 리본의 길이 방향으로 이동함에 따라 상기 레이저 빔 스팟(209)이 상기 분리 경로(151)와 연속적으로 교차하게 한다.

[0142] 본 개시의 임의의 실시예들에서, 상기 제2 반사 표면(206, 1402)의 회전은, 상기 분리 경로가 상기 운반 방향을 따라 이동함에 따라 상기 레이저 빔 스팟이 상기 분리 경로(151)와 연속적으로 교차하도록, 상기 유리 리본의 상기 운반 방향(1001)(예를 들어, 상기 드로우 방향)으로의 속도와 조율될 수 있다. 예를 들어, 상기 제2 반사 표면(206, 1402)은 상기 제2 회전 축에 대하여 수동으로 회전될 수 있다. 추가적인 실시예들에서, 상기 분리 경로가 길이 방향으로 이동함에 따라 그리고 상기 레이저 빔 스팟이 상기 방향(225)을 따라 이동함에 따라, 연속적인 소정의 회전 속도로 상기 제2 반사 표면(206, 1402)을 회전시켜 상기 레이저 빔 스팟이 상기 분리 경로(151)와 연속적으로 교차하게하는데 엑츄에이터(미도시)가 사용될 수 있다. 또한, 상기 엑츄에이터는 선택적으로 상기 유리 리본의 길이 방향(예를 들어, 다운 드로우 방향(1001))으로의 상기 유리 리본의 속도를 감지하는 센서로부터 피드백을 얻고 상기 유리 리본의 속력을 상기 제2 반사 표면(206, 1402)의 상기 제2 회전 축(227, 1403)에 대한 목표 회전 속도를 계산하는 알고리듬에 입력하도록 구성된 컨트롤러에 의해 작동될 수 있다. 상기 컨트롤러는 이후 상기 제2 반사 표면(206, 1402)을 상기 목표 회전 속도로 회전시키도록 상기 엑츄에이터를 작동시킬 수 있어 상기 레이저 빔 스팟이 상기 분리 경로(151)에 연속적으로 접촉하게 한다. 또 추가적인 실시예들에서, 어디에서 상기 레이저 빔 스팟이 상기 유리 리본의 대응하는 주표면과 교차하는지를 결정하기 위해 센서들(예를 들어, 열 또는 광학 센서들)이 사용될 수 있다. 상기 컨트롤러는 이 위치를 상기 분리 경로의 위치와 비교하고, 상기 레이저 빔 스팟이 상기 유리 리본의 상기 대응하는 주표면과 연속적으로 교차하도록 현재 상기 제2 회전 표면(206, 1402)의 상기 제2 회전 축(227, 1403)에 대한 회전 속도를 높이거나 낮추거나, 유지하도록

상기 엑츄에이터를 작동시킬 수 있다.

[0143] 상술된 본 개시의 임의의 방법들은 상기 분리 경로가 상술된 공정들 동안 생성된 열 응력 하에 있는 동안 상기 분리 경로(151) 상에 결함(801)을 생성하는 단계를 더 포함할 수 있으며, 상기 유리 시트(104)는 상기 결함(801)의 생성에 반응하여 상기 분리 경로(151)를 따라 상기 유리 리본(103)으로부터 분리된다.

[0144] 상기 결함(801)은 기계적 스크라이브(예를 들어, 도 1을 참조하여 논의된 스크라이브(168)), 예컨대 스코어 휠, 다이아몬드 팁 또는 다른 결함 발생 기술에 의해 생성될 수 있다. 추가적인 실시예들에서, 위의 실시예들 중 임의의 것에서 논의된 바와 같이 상기 결함(801)은 레이저 빔 발생기(169)에 의해 생성될 수 있다. 제공되는 경우, 상기 레이저 빔 발생기(169)는 다운 드로우 방향(1001)으로 상기 유리 리본(103)과 함께 이동할 수 있어, 상기 결함(801)을 생성하기 위해 상기 레이저 빔 발생기(169)가 상기 분리 경로(151) 상의 올바른 위치에 충돌하기 위해 조절될 필요가 없다. 추가적인 실시예들에서, 상기 유리 리본(103)이 정지된 레이저 빔 발생기(169)에 대하여 상기 다운 드로우 방향(1001)으로 이동하는 동안 상기 레이저 빔 발생기(169)는 정지된 상태로 유지될 수 있다. 이러한 예들에서, 상기 레이저 빔 발생기는 이동(예를 들어, 회전)될 수 있거나, 반사 표면은 상기 분리 경로(151) 상의 올바른 위치를 추적하기 위해 회전될 수 있다. 또한, 일부 실시예들에서, 상기 레이저가 활성되었을 때 오직 한 점과 충돌하도록 상기 정지된 레이저 빔 발생기가 위치될 수 있다. 이러한 한 점은 상기 분리 경로(151) 상의 올바른 위치와 수직적으로 정렬될 수 있다. 따라서, 결함을 생성하기 위한 올바른 위치가 상기 정지된 레이저 빔 발생기의 한 점과 일치할 때까지 상기 분리 경로(151)는 상기 다운 드로우 방향(1001)으로 이동할 수 있다. 그 시점에, 상기 정지된 레이저 빔 발생기는 상기 분리 경로(151) 상의 올바른 위치에 상기 결함(801)을 생성하도록 활성화될 수 있다.

[0145] 도 10-17에 도시된 바와 같이, 상기 방법은 대안적으로 상기 레이저 빔에 상기 유리 리본(103) 상의 상기 분리 경로(151)를 노출시키는 단계 동안 생성된 열 응력 하에 상기 분리 경로(151)가 있는 동안 상기 분리 경로(151) 상의 상기 결함(801)을 생성하기 위해 위치(331)에 상기 레이저 빔의 일부를 재지향시킴으로써 상기 결함(801)을 생성하는 단계를 포함할 수 있다. 일부 실시예들에서, 도 1 내지 도 9를 참조하여 위에서 논의된 반사기와 유사하거나 동일한 반사기가 제공될 수 있다. 실제로, 일부 실시예들에서, 도시된 바와 같이, 상기 발생기는 위의 도 1-8을 참조하여 설명된 도시된 포물형 거울(229)을 포함할 수 있다. 도시되지 않았으나, 추가적인 실시예들에서, 위에서 도 9를 참조하여 논의된 상기 거울(919) 및 렌즈(921)는 상기 결함(801)을 생성하기 위해 상기 레이저 빔의 일부를 재지향시키는데 사용될 수 있다.

[0146] 일부 실시예들에서, 도 10-17에 도시된 바와 같이, 상기 포물형 거울(229) 또는 다른 발사기는 상기 분리 경로가 다운 드로우 방향(1001)으로 상기 유리 리본(103)과 함께 이동함에 따라 상기 레이저 빔의 일부를 상기 분리 경로(151)의 상기 위치(331) 상으로 지속적으로 재지향시키기 위해 상기 리본과 함께 상기 다운 드로우 방향(1001)으로 이동할 수 있다. 도 13 및 18에 도시된 바와 같이, 상기 결함(801)에 응답하여, 상기 유리 시트(104)는 상기 분리 경로(151)를 따라 상기 유리 리본(103)으로부터 분리된다.

[0147] 전술한 바와 같이, 본 개시의 임의의 예시적인 방법들은 상기 레이저 빔 스팟(209)을 상기 제1 외곽 엣지부(211a)로부터 상기 제2 외곽 엣지부(211b)까지 상기 단일한 방향(225)으로 반복적으로 통과시키는 단계를 포함할 수 있다. 필수는 아니나, 상기 레이저 빔 스팟을 상기 단일한 방향으로 통과시키는 것은 상기 유리 리본(103)으로부터 상기 유리 시트(104)를 신속하게 분리하는데 유리할 수 있다. 예를 들어, 도 12 및 17에 도시된 바와 같이, 상기 결함(801)은 상기 제2 외곽 엣지(155)보다 상기 제1 외곽 엣지(153)에 더 가깝게 생성될 수 있으며, 상기 단일한 방향(225)으로 이동하는 상기 레이저 빔 스팟(209)에 의해 발생된 상기 열 응력 프로파일은 전신 크랙이 상기 단일한 방향(225)으로 전파하도록 도울 수 있다.

[0148] 본 개시의 임의의 예시적인 방법들에서, 상기 결함(801)은, 상기 분리 경로(151)가 상기 레이저 빔(203)에 노출되어 상기 분리 경로(151)를 따라 상기 열 응력을 생성하는 동안, 생성될 수 있다. 상기 결함(801)은 상기 열 응력을 생성한 직후 생성될 수 있으나, 상기 결함(801)을 발생시키는 동안 상기 분리 경로(151)를 따라 상기 레이저 빔으로 상기 열 응력을 발생시키거나 유지하는 것을 지속하는 것은 상기 분리 경로(151)가 최대 응력 하에 있는 동안 상기 결함이 생성되도록 하여 상기 유리 시트(104)의 분리를 용이하게할 수 있다.

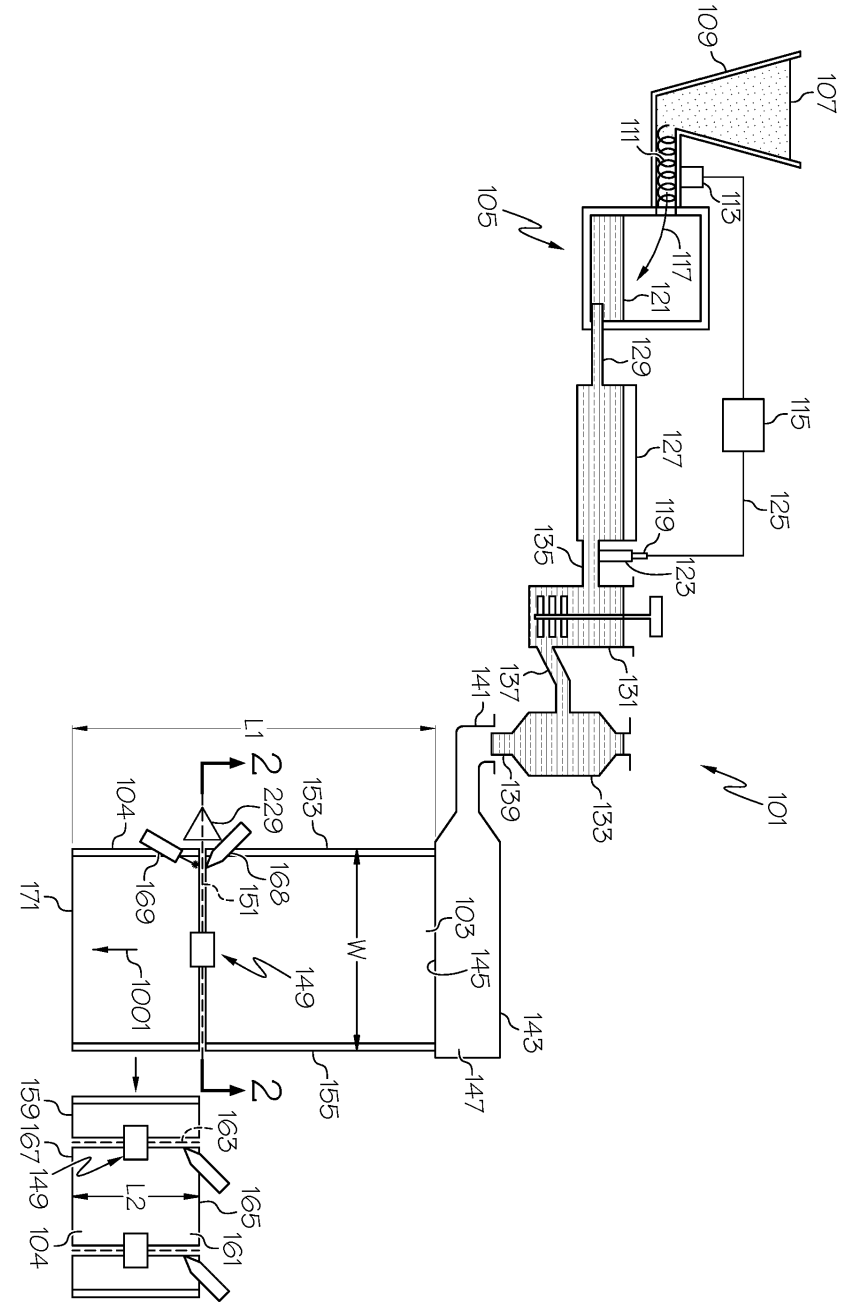
[0149] 또한, 상기 결함(801)은 상기 분리 경로(151)의 가열 단계 동안 상기 분리 경로를 따라 소정의 수준의 열 응력이 달성된 후에 생성될 수 있다. 예를 들어, 일부 실시예들에서, 소정의 수준의 열 응력이 상기 분리 경로(151)를 따라 달성된 직후에 상기 레이저 빔의 일부를 재지향시킴으로써 상기 결함(801)이 생성되도록 상기 장치가 설계될 수 있다.

[0150] 도 10-13 및 도 14-17의 실시예들은 단일한 레이저 빔을 도시하나, 추가적인 실시예들은 상기 분리 경로를 따라 열 응력을 생성하기 위해 다수의 레이저 빔들의 사용을 포함할 수 있다. 예를 들어, 도 9를 참조하여 논의된 복수의 레이저 빔들이 도 10-13 및 도 14-17의 실시예들에 사용될 수 있어 비교적 더 큰 전체 폭을 가지는 유리 리본들의 분리를 허용한다. 이러한 실시예들에서, 상기 복수의 레이저 빔 스팟들은 각각 대응하는 가열된 세그먼트(901, 903, 905, 907, 909)와 교차할 수 있으며, 상기 분리 경로가 상기 유리 리본의 길이 방향으로 이동함에 따라 각각의 레이저 빔은 상기 분리 경로(151)를 따라간다. 또한, 일부 실시예들에서, 상기 분리 경로의 각각의 세그먼트는 상기 분리 경로의 적어도 하나의 인접한 세그먼트의 일부와 중첩될 수 있다 (예를 들어, 중첩 영역들(911, 913, 915, 917) 참조). 이러한 중첩 영역들은 충분한 열 응력이 상기 분리 경로(151) 전체를 따라 생성되도록 할 수 있다.

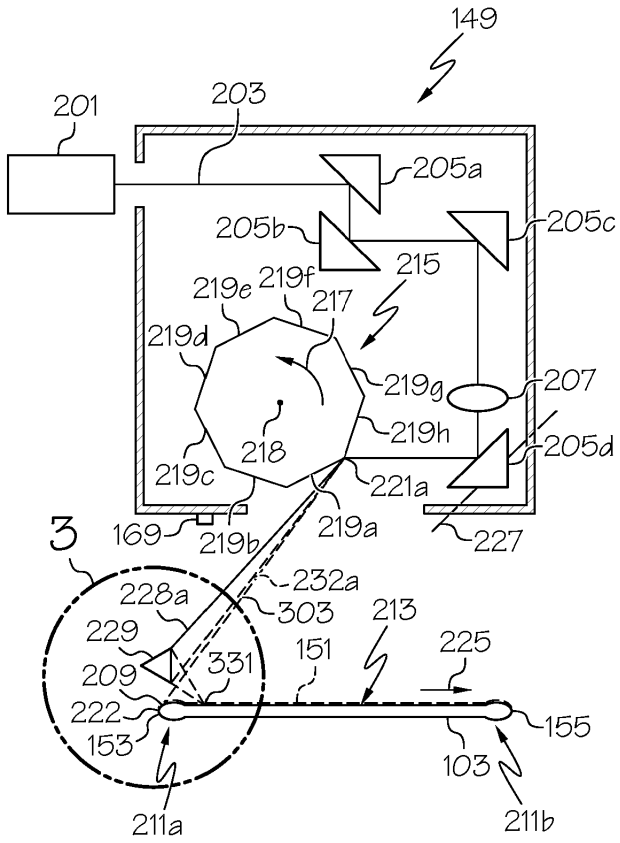
[0151] 본 발명의 사상 및 범위로부터 벗어남 없이 본 개시에 다양한 수정들 및 변현들이 이루어질 수 있다는 것이 당업계의 통상의 기술자들에게 명백할 것이다. 따라서, 그들이 첨부된 청구 범위 및 그 균등물들 내에 있는한 본 발명은 본 개시의 수정들 및 변형들을 포함하도록 의도된다.

도면

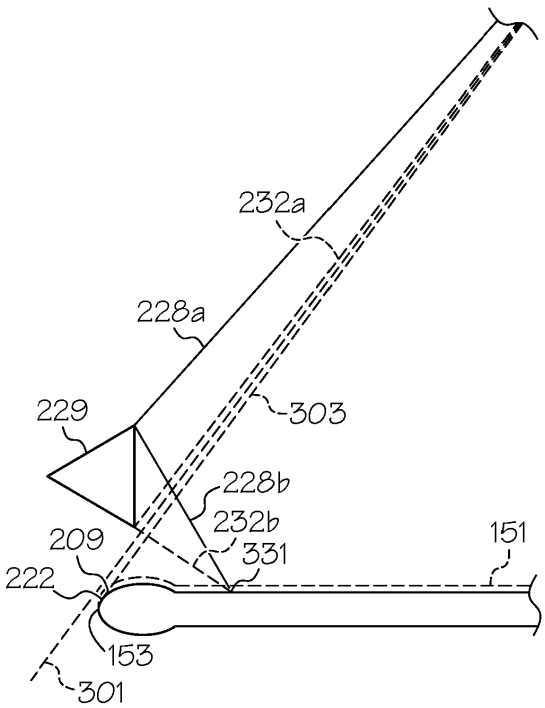
도면1


109
107
111
113
105
117
121
129
115
127
125
119
135
123
137
131
141
139
133
101
L1
2
104
229
153
168
151
169
171
103
145
W
149
1001
143
147
155
2
159
167
163
149
L2
165
104
161

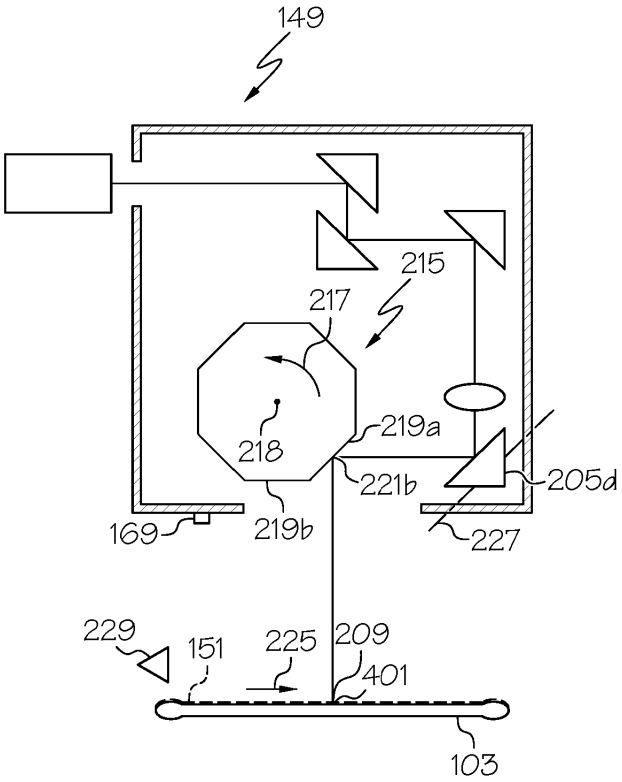
도면2


149
201
203
205a
205b
205c
215
219e
219f
217
219d
219g
207
219h
205d
218
219c
221a
169
219b
219a
227
3
228a
232a
303
213
229
151
225
209
331
222
155
153
103
211a
211b

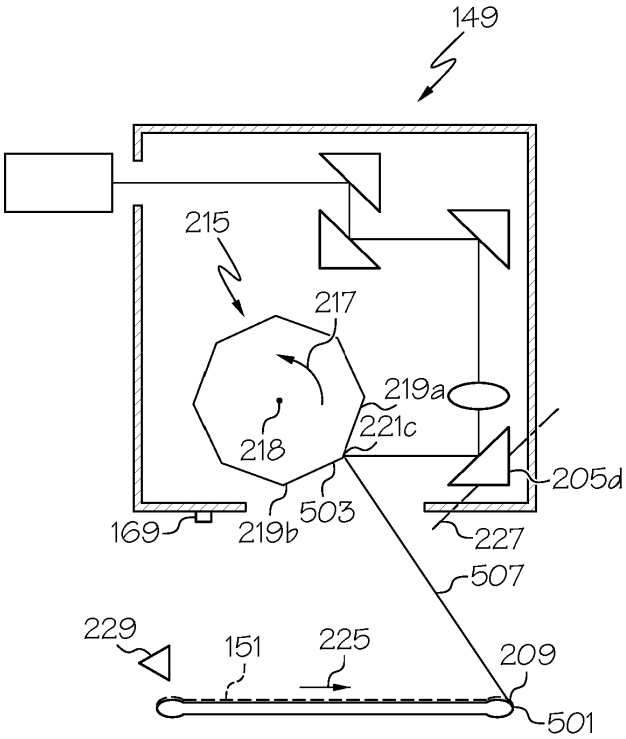
도면3


232a
228a
229
303
228b
232b
209
331
151
222
153
301

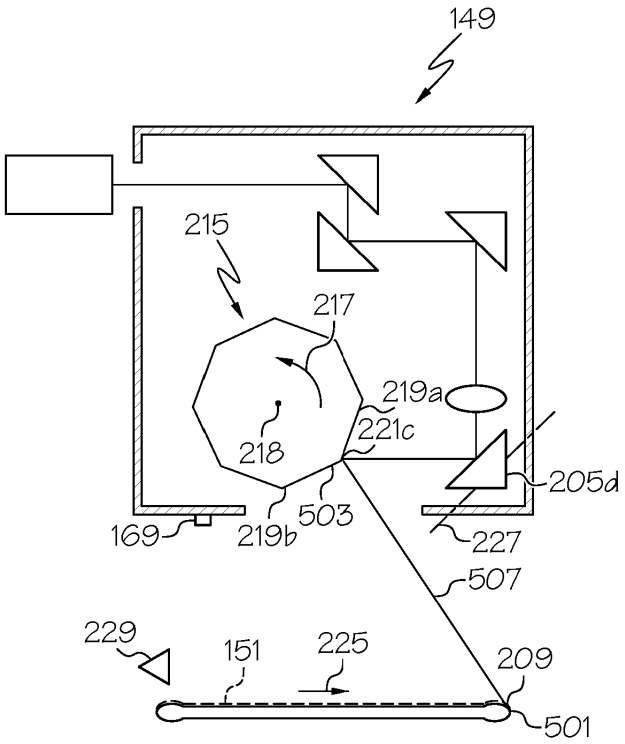
도면4


149
215
217
218
219a
221b
205d
169
219b
227
229
151
225
209
401
103

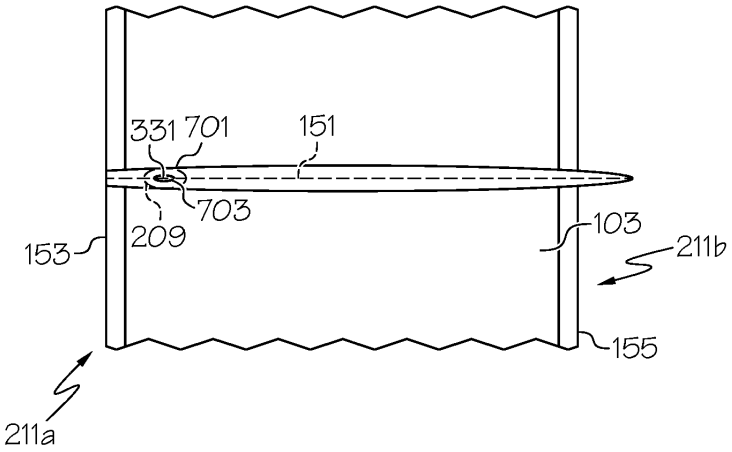
도면5


149
215
217
218
219a
221c
205d
169
219b
503
227
507
229
151
225
209
501

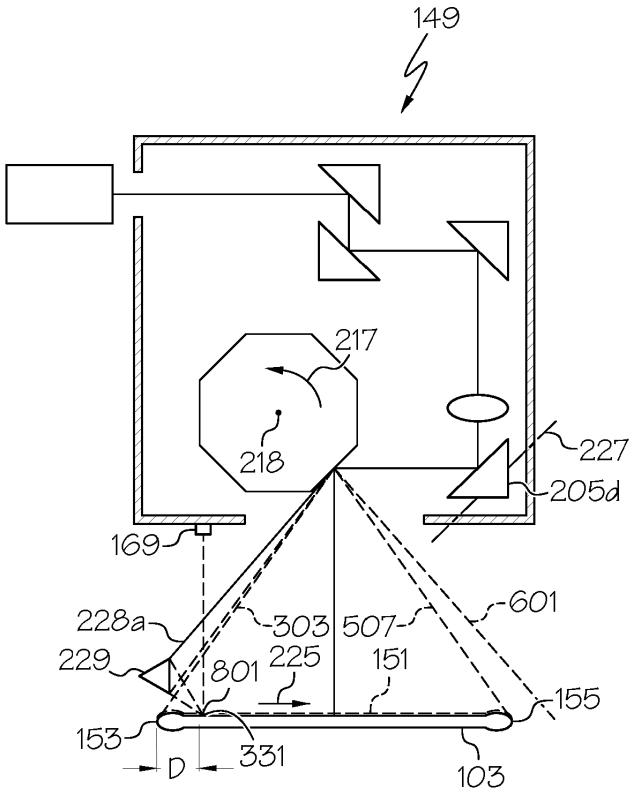
도면6


149
215
217
219a
221c
218
205d
503
169
219b
227
507
229
151
225
209
501

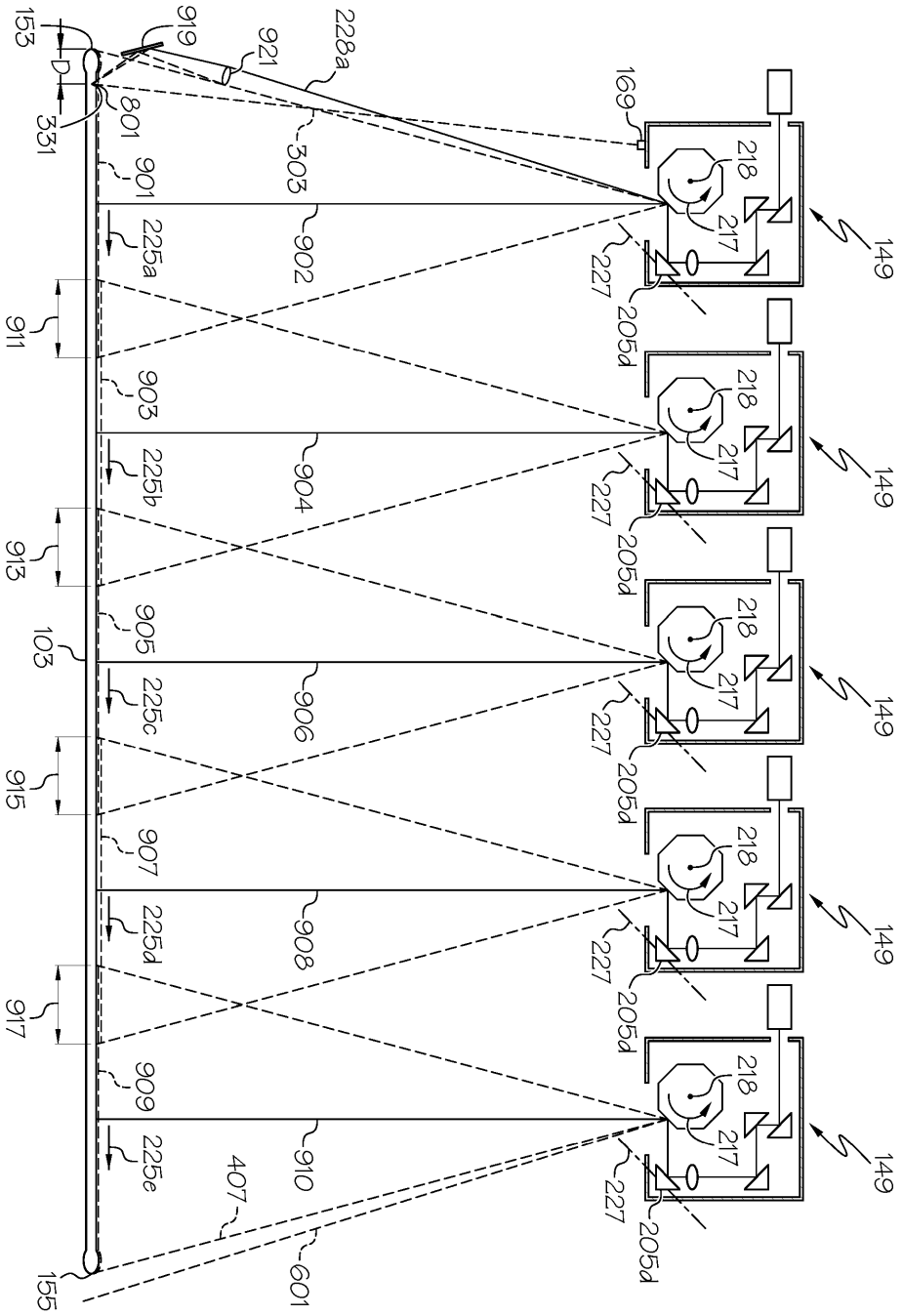
도면7


331
701
151
703
209
153
103
211b
155
211a

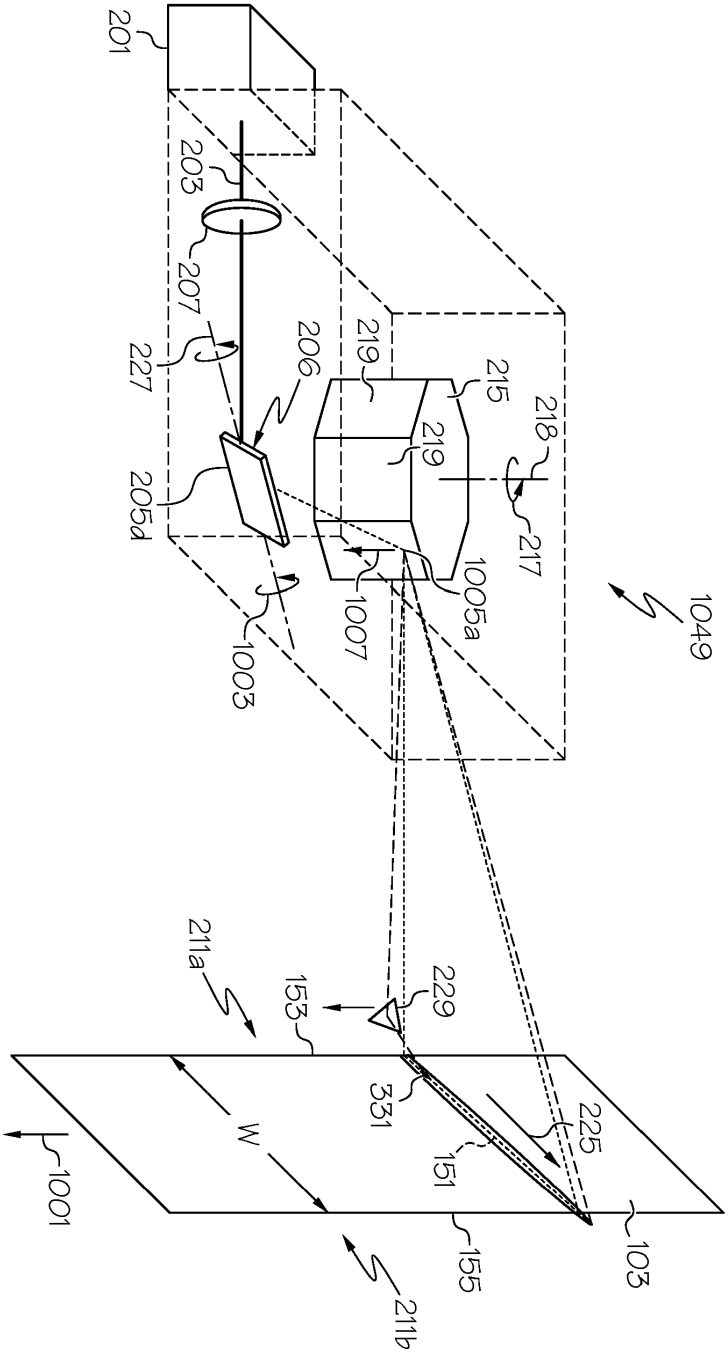
도면8


149
217
218
227
205d
169
228a
303
507
601
229
801
225
151
155
153
331
D
103

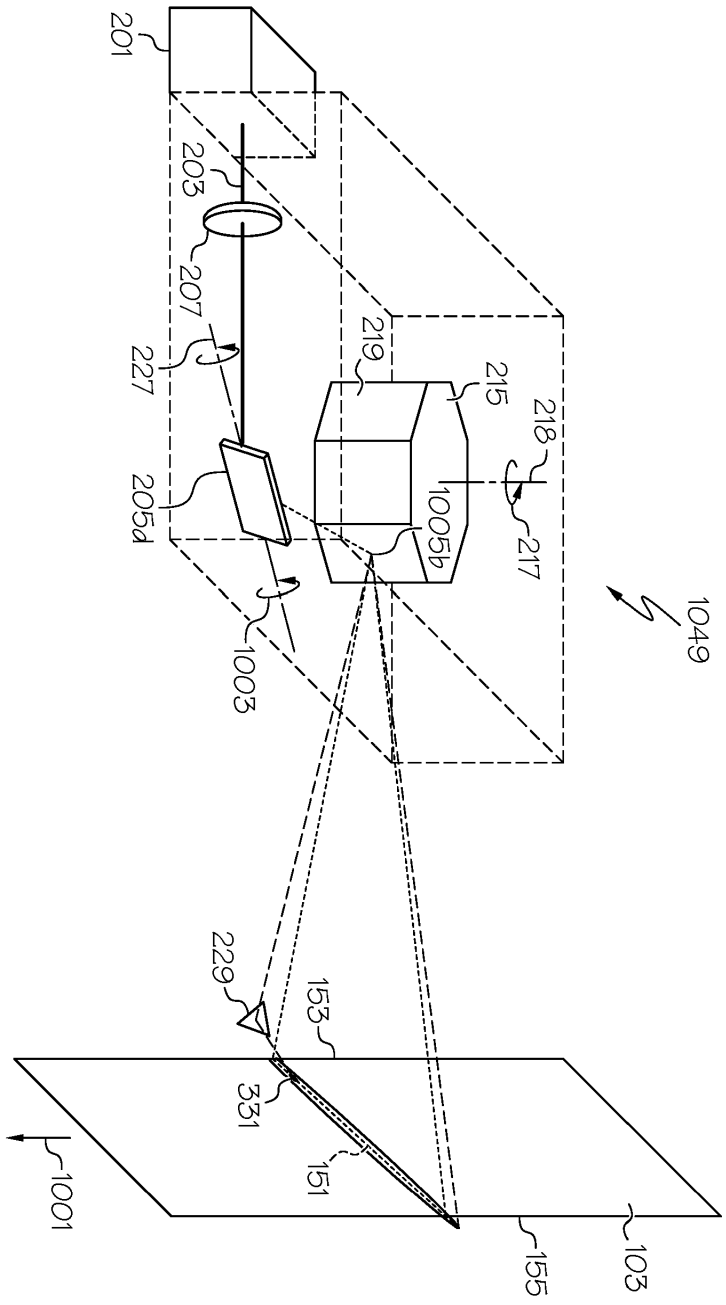
도면9


153
D
331
801
919
921
228a
303
169
218
217
149
227
205d
901
902
225a
911
903
904
225b
913
905
906
225c
915
907
908
225d
917
909
910
225e
407
601
155
103

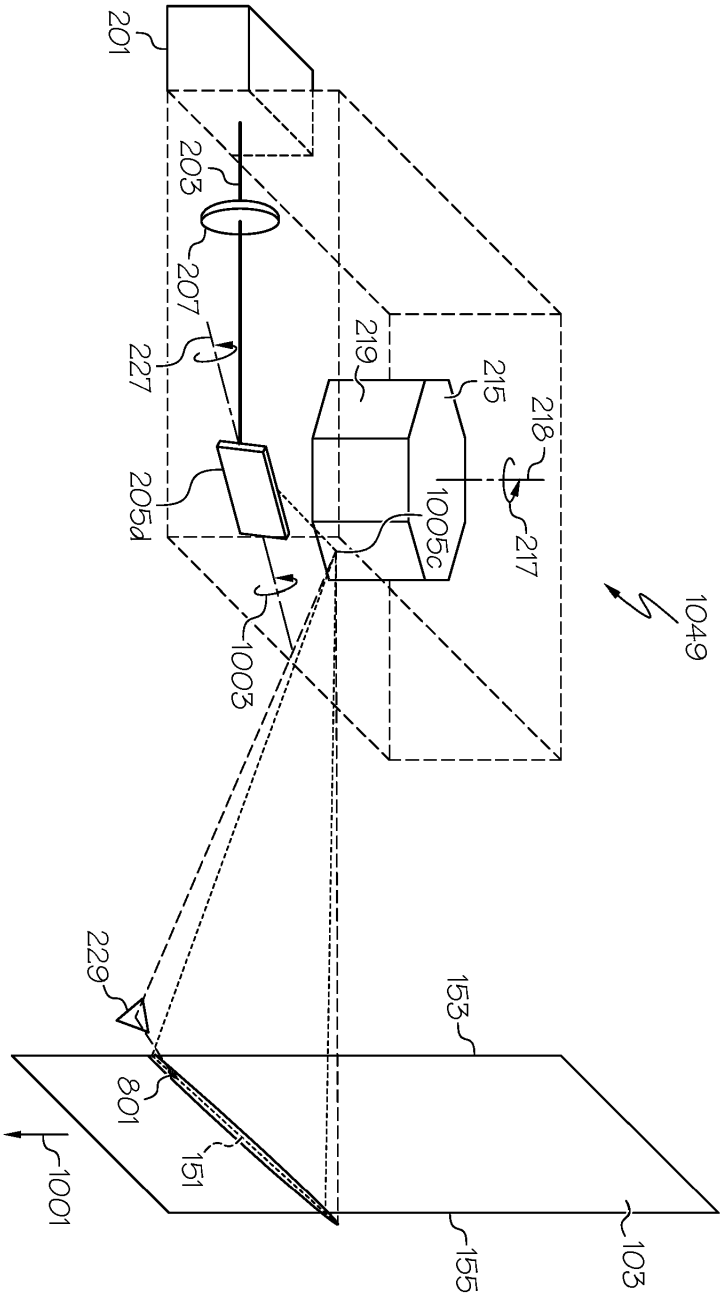
도면10


201
203
207
227
206
205d
219
215
218
219
217
1005a
1007
1003
1049
211a
153
229
331
225
151
W
1001
155
103
211b

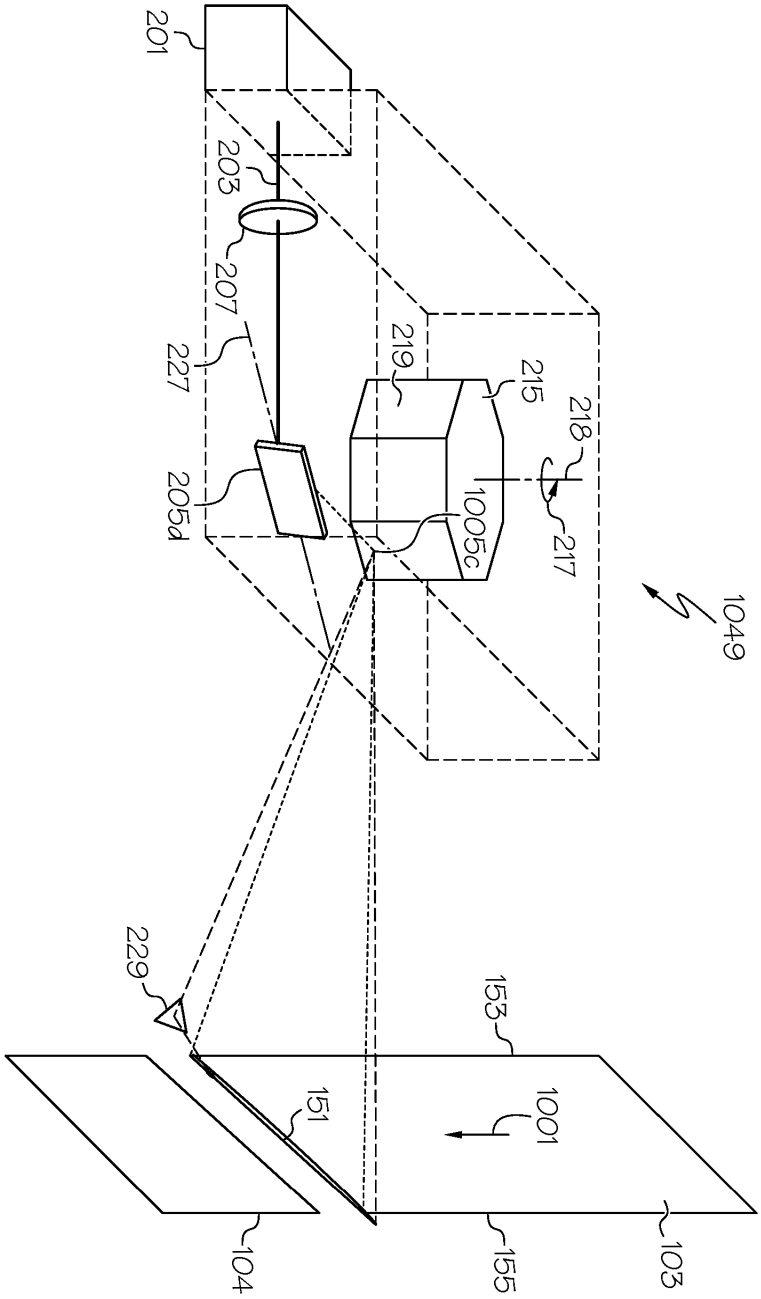
도면11


201
203
207
227
205d
219
215
218
217
1005b
1049
1003
229
153
331
151
1001
155
103

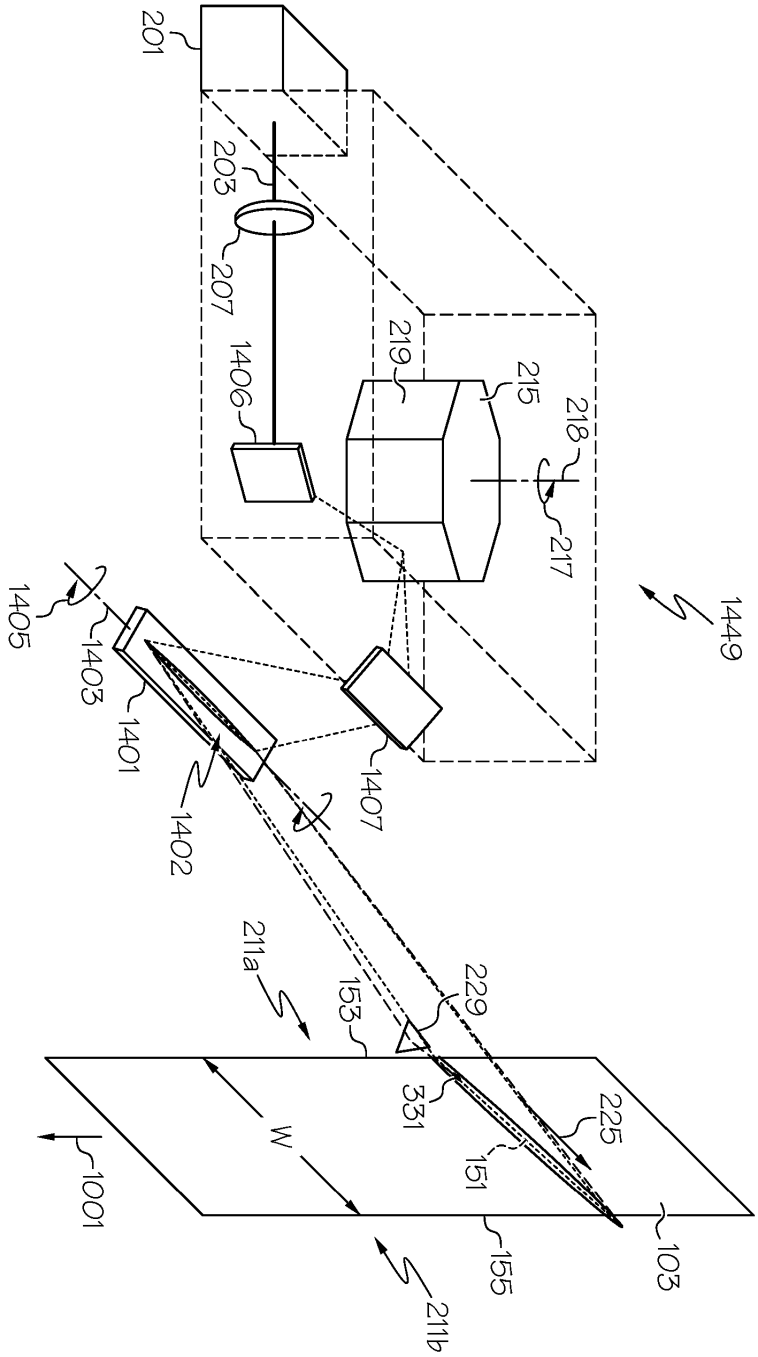
도면12


201
203
207
227
205d
219
215
218
217
1005c
1049
1003
229
153
801
151
1001
155
103

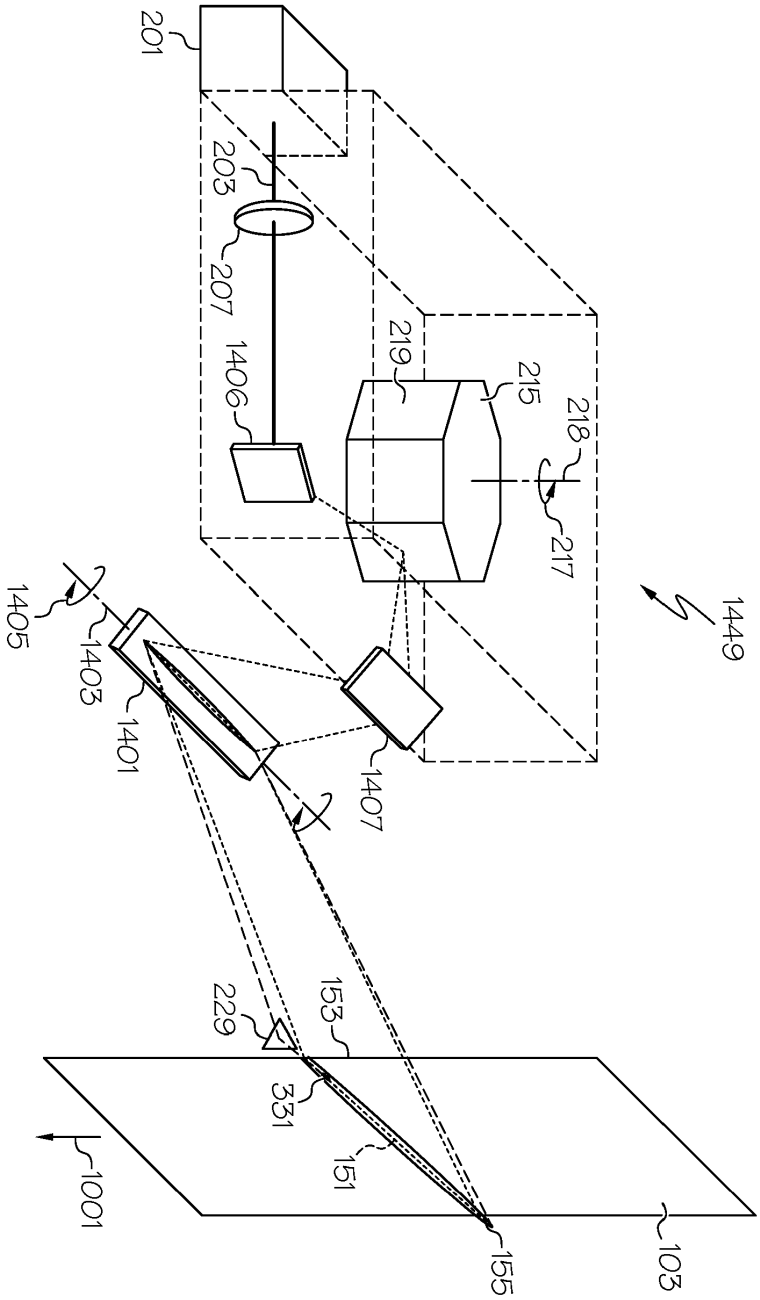
도면13


201
203
207
227
205d
219
215
218
217
1005c
1049
229
153
151
1001
104
155
103

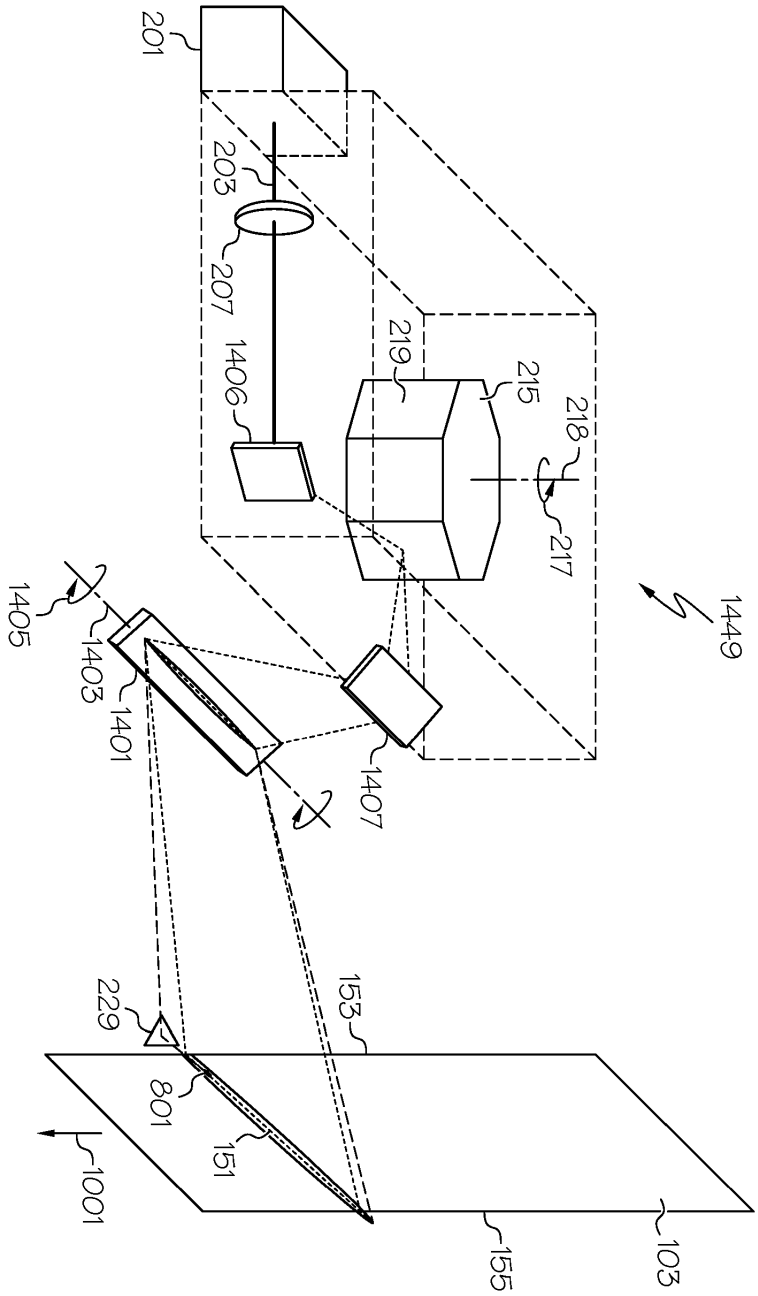
도면14


201
203
207
1406
219
215
218
217
1449
1405
1403
1401
1407
1402
211a
153
229
331
225
151
W
1001
155
103
211b

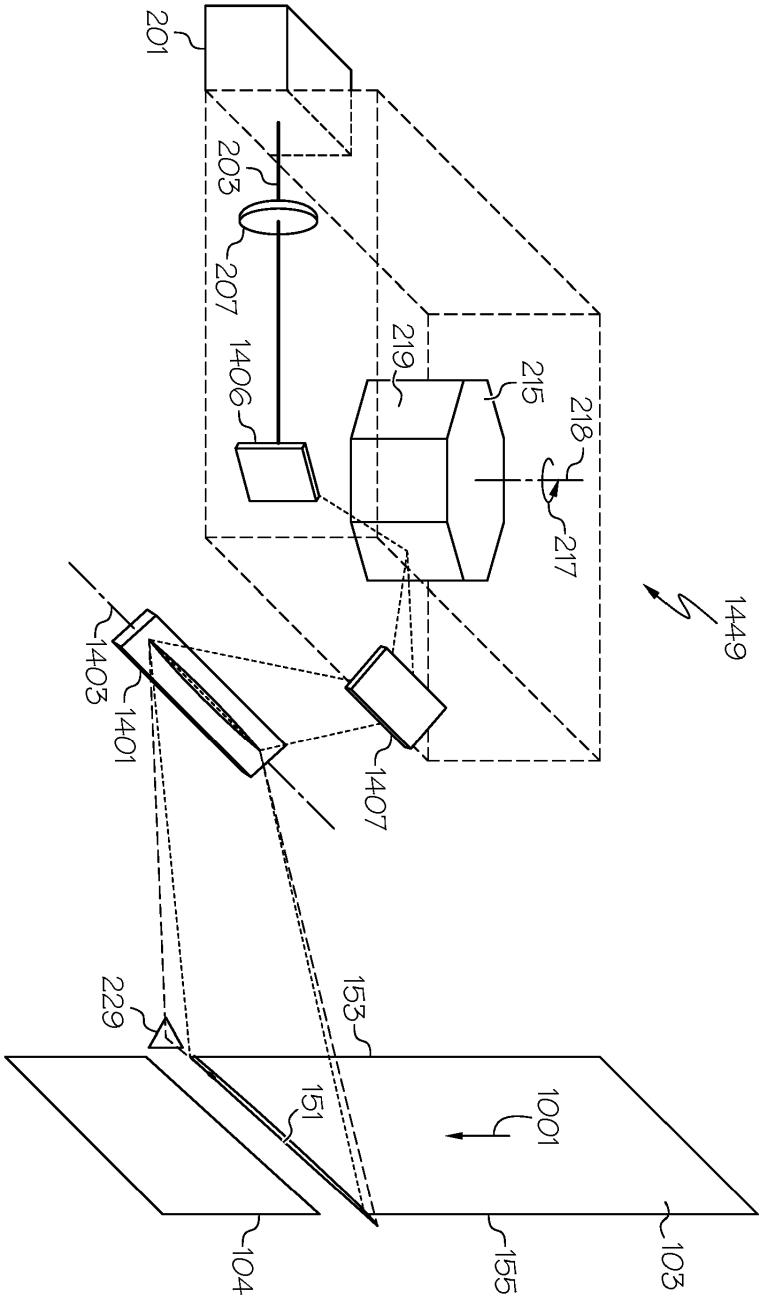
도면15


201
203
207
1406
219
215
218
217
1449
1405
1403
1401
1407
229
153
331
151
1001
103
155

도면16


201
203
207
1406
219
215
218
217
1449
1405
1403
1401
1407
229
153
801
151
1001
155
103

도면17


201
203
207
1406
219
215
218
217
1449
1403
1401
1407
229
153
151
1001
104
155
103