



등록특허 10-2816632



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2025년06월04일

(11) 등록번호 10-2816632

(24) 등록일자 2025년05월29일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

C03B 33/033 (2006.01) C03B 33/02 (2006.01)

C03B 33/10 (2006.01)

(52) CPC특허분류

C03B 33/033 (2013.01)

C03B 33/0222 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2021-7026617

(22) 출원일자(국제) 2020년01월22일

심사청구일자 2023년01월17일

(85) 번역문제출일자 2021년08월20일

(65) 공개번호 10-2021-0110883

(43) 공개일자 2021년09월09일

(86) 국제출원번호 PCT/US2020/014514

(87) 국제공개번호 WO 2020/159760

국제공개일자 2020년08월06일

(30) 우선권주장

62/798,095 2019년01월29일 미국(US)

(56) 선행기술조사문현

US20170275197 A1\*

(뒷면에 계속)

전체 청구항 수 : 총 12 항

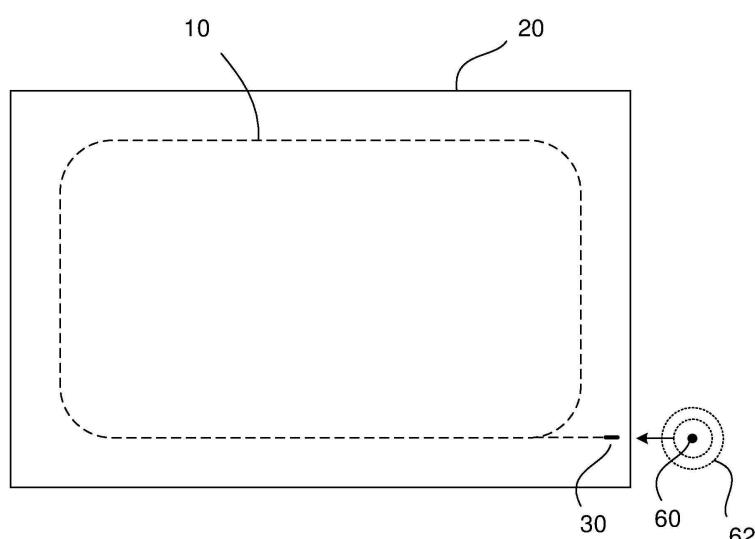
심사관 : 이영화

(54) 발명의 명칭 유연한 얇은 유리의 자유형 절단을 위한 방법 및 장치

## (57) 요 약

방법 및 장치는: 0.3 밀리미터(mm) 이하 두께의 소스 유리 시트를 지지하는 것; 기계적 스코어링 디바이스를 사용하여 개시 라인에서 상기 유리 시트를 스코어링하는 것; 상기 개시 라인에서 시작하여 유리 시트로 일산화탄소(CO) 레이저 빔을 적용하고 상기 유리를 절단하기 충분한 응력을 절단 라인에서 제공하기 위해 상기 유리 시트의 온도를 상승시키도록 절단 라인을 따라 상기 유리 시트에 대해 레이저 빔을 계속해서 이동시키는 것; 및 원하는 형상을 얻기 위해 상기 유리 시트로부터 폐기 유리를 분리하는 것;을 제공한다.

## 대 표 도 - 도2



(52) CPC특허분류

*C03B 33/102* (2013.01)

(56) 선행기술조사문헌

US20090032505 A1

KR1020160107227 A

KR1020110003531 A

JP2003025323 A

CN106277749 A

Photonics Spectra, September 2015, Vol. 18,  
No. 3, pp. 34-36\*

\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

---

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

유리 시트를 원하는 형상으로 절단하기 위한 방법으로서,

0.3 밀리미터(mm) 이하 두께의 소스 유리 시트를 지지하는 단계;

기계적 스코어링 디바이스 또는 레이저 애블레이션 공정(laser ablation process)을 사용하여 개시 라인에서 상기 유리 시트를 스코어링하는 단계;

절단 라인을 따라 유리 시트를 절단하기 충분한 응력을 절단 라인에 제공하도록 상기 유리 시트의 온도를 상승시키기 위해, 상기 개시 라인에서 시작하여 상기 절단 라인을 따라 상기 유리 시트에 대해 일산화탄소(CO) 레이저 빔을 계속해서 이동시키는 상기 유리 시트에 상기 일산화탄소(CO) 레이저 빔을 적용하는 단계; 및

원하는 형상을 얻기 위해 상기 유리 시트로부터 폐기 유리를 분리하는 단계;를 포함하며,

상기 레이저 빔의 적용과 동시에 냉각 유체를 적용하는 단계를 더욱 포함하는데, 적어도 냉각 유체가 상기 절단 라인을 따라 상기 유리 시트의 과단을 전파하는 응력을 제공하기 충분하도록 유리 시트의 온도를 감소시키는, 유리 시트를 원하는 형상으로 절단하기 위한 방법.

#### 청구항 2

삭제

#### 청구항 3

청구항 1에 있어서,

상기 레이저 빔은 4 내지 6  $\mu\text{m}$ 의 파장에서 광 에너지를 방출하는, 유리 시트를 원하는 형상으로 절단하기 위한 방법.

#### 청구항 4

청구항 1 또는 3에 있어서,

상기 유리 시트와 상기 레이저 빔의 특징은:

(i) 상기 유리 시트에 의해 상기 레이저 빔의 광 에너지의 흡수 비율이 적어도 0.1 mm 이하의 두께에 대해 80 % 이하임;

(ii) 상기 유리 시트를 통한 상기 레이저 빔의 광 에너지의 투과 비율이 적어도 0.1 mm 이하의 두께에 대해 20 % 이상임;

(iii) 상기 유리 시트에 의해 상기 레이저 빔의 광 에너지의 흡수 비율이 적어도 0.2 mm 이하의 두께에 대해 90 % 이하임;

(iv) 상기 유리 시트를 통한 상기 레이저 빔의 광 에너지의 투과 비율이 적어도 0.2 mm 이하의 두께에 대해 10 % 이상임;

(v) 상기 유리 시트에 의해 상기 레이저 빔의 광 에너지의 흡수 비율이 적어도 0.3 mm 이하의 두께에 대해 95 % 이하임; 및

(vi) 상기 유리 시트를 통한 상기 레이저 빔의 광 에너지의 투과 비율이 적어도 0.3 mm 이하의 두께에 대해 5 % 이상임; 이들 중 적어도 하나가 되게 하는, 유리 시트를 원하는 형상으로 절단하기 위한 방법.

#### 청구항 5

청구항 1 또는 3에 있어서,

상기 유리 시트에 대한 상기 레이저 빔의 이동 속도는: (i) 1 m/sec 미만; (ii) 0.9 m/sec 미만; (iii) 0.8 m/sec 미만; (iv) 0.7 m/sec 미만; (v) 0.6 m/sec 미만; (vi) 0.5 m/sec 미만; (vii) 0.4 m/sec 미만; (viii) 0.3 m/sec 미만; 또는 (ix) 0.2 m/sec 미만; 중 적어도 하나인, 유리 시트를 원하는 형상으로 절단하기 위한 방법.

### 청구항 6

청구항 1 또는 3에 있어서,

상기 절단 라인 전체에 걸쳐 상기 유리 시트에 대한 상기 레이저 빔의 이동 속도를 실질적으로 일정하게 유지하는 단계를 더욱 포함하며, 여기서 상기 절단 라인은 하나 이상의 직선 섹션 및 10 mm 미만의 반경을 포함하는 하나 이상의 굴곡진 섹션을 포함하는, 유리 시트를 원하는 형상으로 절단하기 위한 방법.

### 청구항 7

청구항 1 또는 3에 있어서,

상기 유리 시트에 대해 그리고 상기 절단 라인 전체에 걸친 상기 레이저 빔의 이동 중 상기 레이저 빔의 출력 수준을 실질적으로 일정하게 유지하는 단계를 더욱 포함하며, 여기서 상기 절단 라인은 하나 이상의 직선 섹션 및 10 mm 미만의 반경을 포함하는 하나 이상의 굴곡진 섹션을 포함하는, 유리 시트를 원하는 형상으로 절단하기 위한 방법.

### 청구항 8

0.3 mm 이하의 두께의 소스 유리 시트를 지지하도록 작동하는 지지 테이블;

개시 라인에서 상기 유리 시트를 스코어링하도록 작동하는 기계적 스코어링 디바이스 또는 레이저 애블레이션 디바이스;

원하는 형상을 얻기 위해 상기 유리 시트로부터 폐기 유리가 분리될 수 있게, 유리 시트를 절단하기 충분한 응력을 절단 라인에 제공하도록 상기 유리 시트의 온도를 상승시키기 위해, 상기 개시 라인에서 시작하여 상기 절단 라인을 따라 상기 유리 시트에 대해 일산화탄소(CO) 레이저 빔을 계속해서 이동시키는 상기 유리 시트에 상기 일산화탄소(CO) 레이저 빔을 적용하도록 작동하는 레이저 소스;를 포함하며,

상기 레이저 빔의 적용과 동시에 냉각 유체를 적용하도록 작동하는 냉각 유체 소스를 더욱 포함하는데, 적어도 냉각 유체가 상기 절단 라인을 따라 유리 시트의 파단을 전파하는 응력을 제공하기 충분하게 상기 유리 시트의 온도를 감소시켜, 원하는 형상을 얻기 위해 유리 시트로부터 폐기 유리가 분리될 수 있는, 유리 시트를 원하는 형상으로 절단하기 위한 장치.

### 청구항 9

삭제

### 청구항 10

청구항 8에 있어서,

상기 레이저 빔은 4 내지 6  $\mu\text{m}$ 의 파장에서 광 에너지를 방출하는, 유리 시트를 원하는 형상으로 절단하기 위한 장치.

### 청구항 11

청구항 8 또는 10에 있어서,

상기 유리 시트와 상기 레이저 빔의 특징은:

(i) 상기 유리 시트에 의해 상기 레이저 빔의 광 에너지의 흡수 비율이 적어도 0.1 mm 이하의 두께에 대해 80 % 이하임;

(ii) 상기 유리 시트를 통한 상기 레이저 빔의 광 에너지의 투과 비율이 적어도 0.1 mm 이하의 두께에 대해 20 % 이상임;

- (iii) 상기 유리 시트에 의해 상기 레이저 빔의 광 에너지의 흡수 비율이 적어도 0.2 mm 이하의 두께에 대해 90 % 이하임;
- (iv) 상기 유리 시트를 통한 상기 레이저 빔의 광 에너지의 투과 비율이 적어도 0.2 mm 이하의 두께에 대해 10 % 이상임;
- (v) 상기 유리 시트에 의해 상기 레이저 빔의 광 에너지의 흡수 비율이 적어도 0.3 mm 이하의 두께에 대해 95 % 이하임; 및
- (vi) 상기 유리 시트를 통한 상기 레이저 빔의 광 에너지의 투과 비율이 적어도 0.3 mm 이하의 두께에 대해 5 % 이상임; 이들 중 적어도 하나가 되게 하는, 유리 시트를 원하는 형상으로 절단하기 위한 장치.

## 청구항 12

청구항 8 또는 10에 있어서,

상기 유리 시트에 대한 상기 레이저 빔의 이동 속도는: (i) 1 m/sec 미만; (ii) 0.9 m/sec 미만; (iii) 0.8 m/sec 미만; (iv) 0.7 m/sec 미만; (v) 0.6 m/sec 미만; (vi) 0.5 m/sec 미만; (vii) 0.4 m/sec 미만; (viii) 0.3 m/sec 미만; 또는 (ix) 0.2 m/sec 미만; 중 적어도 하나인, 유리 시트를 원하는 형상으로 절단하기 위한 장치.

## 청구항 13

청구항 8 또는 10에 있어서,

상기 유리 시트에 대한 상기 레이저 빔의 이동 속도는 상기 절단 라인 전체에 걸쳐 일정하며, 여기서 상기 절단 라인은 하나 이상의 직선 섹션 및 10 mm 미만의 반경을 포함하는 하나 이상의 굴곡진 섹션을 포함하는, 유리 시트를 원하는 형상으로 절단하기 위한 장치.

## 청구항 14

청구항 8 또는 10에 있어서,

상기 유리 시트에 대한 상기 레이저 빔의 이동 중 상기 레이저 빔의 출력 수준은 상기 절단 라인 전체에 걸쳐 실질적으로 일정하며, 여기서 상기 절단 라인은 하나 이상의 직선 섹션 및 10 mm 미만의 반경을 포함하는 하나 이상의 굴곡진 섹션을 포함하는, 유리 시트를 원하는 형상으로 절단하기 위한 장치.

## 발명의 설명

### 기술 분야

- [0001] 본 출원은 35 U.S.C. § 119 하에 2019년 1월 29일에 제출된 미국 가출원 번호 제62/798,095호의 우선권을 주장하며, 그 전체가 본원에 참고로 혼입된다.
- [0002] 본 개시는 유연한 얇은 유리를 자유형 형상으로 제조하기 위한 방법 및 장치에 대한 것이며, 더욱 구체적으로는, 예를 들어, 하나 이상의 폴리머 층(polymer layer)과 같은 다른 재료 층의 일부 개선된 보호를 제공하는데 사용하기 위한 방법 및 장치에 대한 것이다.

## 배경 기술

- [0003] 유연한 폴리머 (플라스틱) 기판을 절단하기 위한 종래의 제조 기술이 개발되어 있으며, 상기 플라스틱 기판은 하나 이상의 폴리머 필름으로 라미네이트된(laminated) 플라스틱 기반 재료를 이용한다. 이러한 라미네이트된 기판은 주로 상대적으로 낮은 비용 및 확실히 신뢰할 수 있는 성능으로 인해, 광전지 (PV, photovoltaic) 디바이스(device), 유기발광 다이오드(OLED), 액정 디스플레이(LCD) 및 패턴화된 박막 트랜지스터(TFT) 전자 장치와 관련된 유연한 패키징(flexible packaging)에 일반적으로 사용된다.
- [0004] 전술한 유연한 플라스틱 기판이 널리 사용되고 있지만, 그럼에도 불구하고 적어도 습기 차단(moisture barrier)을 제공하고 매우 얇은 구조를 제공하는 것과 관련한 열악한 특징을 나타낸다(실제로, 상기 구조는 플라스틱 재료의 특성으로 인해 상대적으로 두껍다).

[0005] 따라서, 예를 들어, PV 디바이스, OLED 디바이스, LCD, TFT 전자 장치 등에 사용하기 위한 유연한 기판을 제조하기 위한 새로운 방법 및 장치에 대한 업계의 요구가 있으며, 특히, 여기서, 기판은 습기 차단을 제공하기 위한 것이고 기판은 자유형 형상으로 형성될 것이다.

### 발명의 내용

#### 해결하려는 과제

[0006] 본 개시는 상대적으로 얇고, 유연한 유리 시트(약 0.3 밀리미터(mm) 미만 정도)를 이용하고 유리 시트의 한 부분을 다른 부분으로부터 분리함으로써 유리 시트를 자유형 형상으로 절단하는 것에 관한 것이다.

[0007] 본원에 개시된 구현예에 따른 유연한 유리 기판은 종래 사용의 기존 유연한 플라스틱 기판에 비해 여러 기술적 이점을 제공한다. 하나의 기술적 이점은 우수한 습기 또는 가스 차단의 역할을 하기 위한 유리 기판의 능력이며, 이는 전자 장치의 실외 적용에서의 주요 열화 메커니즘(primary degradation mechanism)이다. 또 다른 이점은 하나 이상의 패키지 기판 층의 감소 또는 제거를 통해 최종 제품의 전체 패키지 크기(두께)와 무게를 줄이는 유연한 유리 기판의 가능성이다. 전자 디스플레이 산업에서 보다 얇고 유연한 기판(두께 약 0.3mm 미만)에 대한 수요가 증가함에 따라, 제조업자는 적합한 유연한 기판을 제공하기 위해 여러 가지 문제에 직면해 있다.

#### 과제의 해결 수단

[0008] PV 디바이스, OLED 디바이스, LCD, TFT 전자 장치 등을 위한 유연한 유리 기판을 제조하는 중요한 목적은 상대적으로 크고 얇은 유리 시트의 소스(souce)를 엄격한 치수 허용오차, 우수한 에지(edge) 품질, 및 높은 에지 강도를 갖는 다양한 치수 및 형상의 더 작은 개별 기판으로 절단하는 것이다. 실제로, 원하는 제조 파라미터(parameter)는 절단 라인의 중단 없이 소스 유리 시트에서 유리 부분을 연속적으로 절단하는 것이며, 여기서, 절단 라인은 가능하게는 다양한 반경의 적어도 일부 라운드 색션(예컨대, 라운드 코너의 경우)을 포함한다.

[0009] 불규칙한 (자유형) 형상의 연속 절단을 위한 기존 기계적인 기술은 (스코어 훈을 통한) 스코어링(scoring) 및 기계적인 파괴(또는 스냅핑(snapping))를 제공하지만, 이러한 기계적인 기술들에 의해 얻어진 에지 품질 및 강도는 정밀함이 요구되는 많은 적용에 충분하지 않다. 실제로, 기계 스코어링 및 파괴 접근은 유리 입자 및 제조 파손을 발생하며, 이는 공정 수율을 감소시키고 제조 사이클 시간을 증가시킨다.

[0010] 더욱이, 약 0.3 mm 미만의 두께를 가진 얇은 유연한 유리의 절단 특히 엄격한 치수 허용오차 및 높은 에지 강도가 필요한 제조 목표의 경우는 충분히 해 볼 만한 도전이다. 매우 얇은 유리 시트를 자유형 형상으로 절단하는 데 이산화탄소 (CO<sub>2</sub>) 레이저 절단 기술이 이용되어 왔지만, 기존 기술은 일부 단점을 가질 수 있다.

[0011] 첫째, 레이저를 사용하는 많은 기존 유리 절단 기술은 예를 들어 레이저 스코어링에 이어 기계적 파괴(스코어 및 스냅)가 뒤따르는 적어도 0.4 mm 및 더 두꺼운 두께를 가진 유리 시트를 절단하는 것에 대한 것이다. 종래의 레이저 스코어 및 기계적 파괴 공정은 약 0.3 mm, 특히 약 0.2 mm 미만의 유리 시트 두께에 대해 신뢰하게 이용하는 것이 거의 불가능하다. 실제로, 약 0.3 mm 미만의 유리 시트의 상대적으로 얇은 프로파일의 경우, 시트의 강성은 매우 낮으며(즉, 시트는 유연함), 레이저 스코어 및 스냅 절단 공정은 열 좌굴, 기계적 변형, 기류, 내부 응력, 유리 뒤틀림, 및 많은 다른 요인들에 의해 쉽게 부정적인 영향을 받는다.

[0012] 둘째, 약 0.3 mm 미만의, 라운드된 코너를 포함하는 유리 시트를 절단하기 위한 적어도 하나의 이산화탄소(CO<sub>2</sub>) 레이저 절단 기술이 이용되었지만, 이러한 유리는 9.2 - 11.2 마이크로미터(μm, 미크론(microns)) 파장의, 이산화탄소(CO<sub>2</sub>) 레이저의 중원 적외선 광 에너지(mid-to-far infrared light energy)의 상대적으로 높은 흡수를 나타낸다. 따라서, 유리 기판의 과열은 절단 공정에서 이산화탄소(CO<sub>2</sub>) 레이저를 이용하는 경우의 상당한 문제이다. 기존 이산화탄소(CO<sub>2</sub>) 레이저 기술은 레이저 빔의 크기를 상대적으로 크게 만드는 것(1 mm 이상), 절단의 직선 색션에 대한 레이저 빔의 이동 속도를 상대적으로 빠르게 만드는 것(1 m/sec 이상), 및 절단 라인의 직선 및 라운드된 색션에 대한 레이저 빔의 속도 및 출력(power)을 변화시키는 것을 포함하여, 과열 문제를 해결하기 위해 매우 길고 복잡하다.

[0013] 반대로, 본원의 구현예는 얇은 유연한 유리의 자유형 형상을 야기하는 일산화탄소(CO) 레이저 절단 기술을 제시하며, 이에 의해 소스 유리 시트로부터의 자유형 형상의 1단계 완전 분리가 폐쇄된 윤곽을 포함하여 가상적으로 임의의 궤적을 따라 달성된다. 연속하는 절단 궤적은 직선 라인까지 최소 약 2 mm의 곡률 반경을 가진 임의의

수의 절단 라인의 조합을 사용하여 수립될 수 있다.

[0014] 신규 방법 및 장치는 일산화탄소(CO) 레이저를 통한 소스 유리 시트의 균열의 전파와 동시에 냉각 유체(예를 들어, 레이저 가열과 함께 유리의 의도된 경로를 따라 균열을 유발하는 응력 차이를 생성하는, 기체, 예를 들어, 공기)를 제공한다. 균열 개시는 바람직하게 원하는 절단 라인의 주위 외부의, 기계적 툴(tool) 또는 다른 단-펄스 레이저를 사용하는 레이저 흡수를 이용하여 달성된다. 방법론 및 장치는 약 0.3 mm 미만, 예를 들어, 약 0.03 mm 내지 약 0.3 mm, 및/또는 약 0.05 mm 내지 약 0.2 mm의 두께를 가진 얇고 초-얇은(ultra-thin) 유리 시트에 적용 가능하다. 특히, 더 얇은 유리 시트의 절단이 가능하고, 더 두꺼운 유리 시트(예를 들어, 약 0.3 mm 초과)의 절단도 가능하다.

[0015] 본원 구현예의 이점은 다음을 포함한다: (i) 높은 에지 품질 및 정밀도를 가진 얇고 초-얇은 유리 시트로부터 자유형 유리 형상을 생성하는 것; (ii) 다양한 형상과 크기로 절단할 수 있는 유연성; (iii) 약 2 mm의 최소 곡률 반경을 갖는 절단을 허용하는 것; (iv) 재현 가능하고 효과적인 균열 개시 및 균열 종료; (v) 높은 에지 강도 및 깨끗한 절단 공정; (vi) 매우 간단하고 저렴한 범 성형 광학기, 범 전달 광학기 및 출력 레이저 소스; 및/또는 (vii) 광범위한 유리 두께에 대한 적용(초-얇은 유리 시트 포함).

[0016] 다른 관점, 특징 및 이점은 첨부된 도면과 함께 취해진 본원 설명으로부터 당업자에게 명백할 것이다.

### 도면의 간단한 설명

[0017] 예시의 목적을 위해, 현재 바람직한 도면에 나타낸 형태가 있지만, 본원에 개시되고 설명된 구현예는 나타낸 정확한 배열 및 수단으로 제한되지 않는 것으로 이해된다.

도 1은 본원에 개시된 하나 이상의 절단 방법론 및 장치를 사용하여 생산된 얇은, 유리 기판의 평면도이다.

도 2는 도 1의 유리 기판이 생산될 수 있는 소스 유리 시트의 평면도이다.

도 3은 유리 두께의 함수로서(0 내지 300  $\mu\text{m}$  두께 범위의) 유리를 통한 이산화탄소(CO<sub>2</sub>) 레이저 범 대 일산화탄소(CO) 레이저 범의 광 투과 비율의 그래프이다.

도 4는 첫 번째 접근에 따라 유리 시트로부터 유리 기판을 절단하는 데 사용될 수 있는 장치의 개략도이다.

도 5는 두 번째 접근에 따라 유리 시트로부터 유리 기판을 절단하는 데 사용될 수 있는 대안 장치의 개략도이다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0018] 동일한 번호가 동일한 요소들을 지칭하는 도면들을 참고하면, 본원에 개시된 하나 이상의 절단 방법론 및 장치를 사용하여 생산된 얇은 유리 기판(10)의 평면도가 도 1에 나타난다. 유리 기판(10)의 특징들은 본 개시를 고려할 때 중요하다.

[0019] 첫째로, 유리 기판(10)(및 유리 기판이 절단되는 소스 유리 시트)은 얇은 및/또는 초 얇으며, 약 0.3 mm 미만, 예를 들어, 약 0.03 mm 내지 약 0.3 mm, 및/또는 약 0.05 mm 내지 약 0.2 mm의 두께를 가진다. 게다가, 본원에서 이후 더욱 상세히 설명될 것처럼, 특정 구현예는 약 0.1 mm 미만의 두께의 유리 기판(10)을 절단할 때 상당한 장점을 나타낸다는 것이 밝혀졌다. 이러한 두께는 바람직하게 고려되고, 지금까지는 기존 자유형 형상 절단 기술과 관련되어 사용할 수 없는 대표적인 두께이지만, 유리 기판(10)은 언급된 범위보다 더 얇거나 및/또는 두꺼울 수 있다.

[0020] 둘째, 유리 기판(10)은 자유형 형상, 예를 들어, 적어도 하나의 굴곡진 부분, 및 실제로 잠재적으로 다수의 굴곡진 부분을 갖고, 최소 약 2 mm 내지 무한대까지(직선인) 사이 어딘가의 하나 이상의 곡률 반경을 가진 것으로 고려된다. 예를 들어, 유리 기판(10)은 4개의 라운드된 코너를 가진 것으로 나타내지만, 임의의 다른 형상, 예를 들어, 라운드된 코너, 형상 코너, 직선 베벨 코너(beveled corners), 노치(notches) 등의 혼합을 가진 것이 이용될 수 있다.

[0021] 셋째, 유리 기판(10)은 원하는 형상이 얇은 소스 유리 시트로부터 얻어지는 완전 분리 절단 방법론의 하나의 단계를 통해 형성되는 것으로 의도된다.

[0022] 이제 도 1의 유리 기판(10)이 생산될 수 있는 소스 유리 시트(20)의 평면도인 도 2를 참고한다. 도 2에 개시된 구현예는 소스 유리 시트(20)로부터 유리 기판(10)을 절단하는 것에 대한 두 개의 접근 중 첫 번째이며, 대안으

로, 두 번째 접근이 이후 개시된다(도 5 참고).

[0023] 도 2에 개시된 새로운 방법론 및 장치는 일산화탄소 레이저 빔의 사용과 동시에 냉각 유체(예를 들어, 레이저 가열과 함께, 유리에서의 의도된 경로를 따라 균열을 유발하는 응력 차이를 발생하는, 가스, 예를 들어, 공기)의 제공을 사용하여 소스 유리 시트의 균열의 전파를 통한 유리 기판(10)을 절단하는 것을 제공한다. 일반적으로, 이러한 배열은 유리 시트(20)로부터 유리 기판(10)을 분리하기 위한 원하는 절단 라인을 따른 소스 유리 시트(20)에서의 균열의 제어된 전파를 야기한다. 균열의 개시, 전파, 및 종료를 수행하기 위한 방법론 및 장치의 더욱 자세한 논의가 본 설명에서 이후 제공된다.

[0024] 공정의 초기 단계로서, 소스 유리 시트(20)(상기 언급된 두께의)는 적절한 지지 구조 상에서 지지되고 폐쇄된 패턴(closed pattern)을 설정하는 자유형 절단 라인(도 2의 접선)이 규정되며, 상기 절단 라인은 유리 기판(10)의 원하는 최종 형상을 한정한다.

[0025] 절단 라인의 시작 및 절단 라인의 종료를 위한 다수의 옵션이 있다. 예를 들어, 하나의 옵션은 절단 라인의 시작 및 종료가 동시에 일어나는 것이다. 대안으로, 절단 라인의 시작(30)은 절단 라인의 종료에 비해 상이한 지점일 수 있다.

[0026] 완성된 유리 기판(10) 상에서 적절한 절단 에지 품질을 얻는 것과 관련한 중요한 파라미터는 유리 시트(20) 상의 작은 길이에 걸친 균열의 개시이며, 이는 전술한 레이저 절단 기술을 사용하여 추후 전파된다. 일반적으로, 유리 시트(20)는 기계적인 스코어링 디바이스(scoring device), 예를 들어, 스코어 휠(score wheel)을 사용하여 개시 라인((30)에서의 개시 균열)에서 스코어링된다. 균열 개시 및 추후 균열의 전파의 중요성이 더욱 잘 이해되고 인식될 수 있도록, 레이저 절단 기술의 더욱 상세한 논의가 먼저 제공될 것이다.

[0027] 레이저는 국부적인 구역에서 유리 시트(20)를 가열하는 데 사용되고 이후 냉각 유체가 상기 구역을 빠르게 냉각하여 결과적인 온도 구배를 통해 과도 인장 응력을 생성한다. 전술한 개시 균열(개시 라인)은, 이후 레이저를 통해 국소 존(zone)을 가열하고 냉각 유체에 의해 생성된 담금질 작용(quenching action)을 통해 상기 존을 냉각함으로써 전파된 벤트(vent)(균열)로 변형되는, 유리 시트(20)의 표면 상의 작은 개시 결함(initial flaw)을 도입하여 생성된다. 공정 중 생성된 인장 응력,  $\sigma$ 는  $\alpha * E * \Delta T$ 에 비례하며, 여기서,  $\alpha$ 는 유리 시트(20)의 선형 열팽창계수이며,  $E$ 는 유리 시트(20)의 탄성계수이고,  $\Delta T$ 는 가열(레이저로부터) 및 냉각(유체로부터)에 의해 생성된 유리 시트(20)의 표면 상의 온도차이다. 인장 응력은 유리 시트(20)의 문자 결합보다 더 크도록 제어된다. 주어진  $\alpha * E$  인장 응력에 대해,  $\sigma$ 는 레이저를 통해 높은 온도로 유리 시트(20)를 가열함으로써 증가될 수 있다. 설명된 방법은 전체 유리 분리(즉, 절단)를 사용하며, 여기서, 벤트 깊이는 유리의 두께와 동일하다. 유리를 언급할 때, 절단(cutting)이라는 용어는 유리의 전체 분리(full body separation)를 의미하는 것으로 본원에 사용된다.

[0028] 전술한 레이저 절단 기술에 대한 핵심 문제는 유리 시트(20)를(유리 시트의 변형점(strain point) 이상) 과열시키는 것을 막는 것이다. 실제로, 이러한 과열은 절단된 에지 품질을 저하시키고 에지 강도를 감소시키는 상당한 애블레이션(ablation) 및 불균일한 높은 잔류 응력을 야기할 수 있다. 많은 사례에서, 절단된 에지의 품질의 결과적인 저하는 최종 사용자가 물품(item)을 불만족하게 하고 및/또는 물품을 상업적으로 실행 가능한 제품에 사용하기 적합하지 않게 할 수 있다.

[0029] 기존 이산화탄소( $CO_2$ ) 레이저 절단 기술은 레이저 빔의 광 에너지의 특징 및 유리 시트(20)의 특징으로 인해 전술한 과열을 야기하는 경향이 있다. 이와 관련하여, 유리 두께(0 내지 100  $\mu m$  두께 범위의)의 함수로서, 이산화탄소( $CO_2$ ) 레이저 빔(곡선(200))으로부터 방출된 광 에너지의 유리 시트를 통한 광 투과율 대 일산화탄소( $CO$ ) 레이저 빔(곡선(202))으로부터 방출된 광 에너지의 유리 시트를 통한 광 투과율의 각각의 그래프인 도 3을 참고 한다. 유리 시트는 디스플레이 유리 적용, 예를 들어, 일반적으로 유사한 투과 특성을 가진 Corning® Eagle XG® 유리로부터 형성된 유리 시트에 공통적으로 사용된 조성으로 되어 있다.

[0030] 0  $\mu m$  내지 300  $\mu m$  범위(X-축)의 유리 시트를 통해 투과된 이산화탄소( $CO_2$ ) 레이저 빔으로부터의 광 에너지의 비율(Y-축)이 도 3에서 곡선(200)에 의해 나타난다. 특히, 곡선(200)은 매우 비-선형이며, 약 10  $\mu m$ 에 대한 두께에서 유리 시트에 의해 광 에너지의 거의 0 % 투과(및 거의 100% 흡수)를 갖는다. 이러한 유형의 비-선형, 투과 및/또는 흡수 특징은 유리 시트를 과열시키는 경향 때문에 특히 문제가 된다.

[0031] 기존 이산화탄소( $CO_2$ ) 레이저 절단 기술은 과열 문제를 막거나 최소화하기 위해 상당한 비용, 복잡성, 및 특정 처리를 일으킨다. 실제로, 이산화탄소( $CO_2$ ) 레이저 빔에 의해 생산된 중원 적외선 광 에너지의 괴장은 9.2  $\mu m$  -

11.2  $\mu\text{m}$  범위에 있고, 레이저 빔의 침투 깊이는 수 미크론일 수 있고, 상당한 흡수를 생성할 수 있다. 그 결과, 높은 절단 속도(1m/sec 보다 큰), 복잡한 레이저 출력 제어 계획, 곡선을 따른 절단의 특정 처리, 및 다른 요인들은 이산화탄소( $\text{CO}_2$ ) 레이저 절단 공정의 치수 제어 성능의 제한이 생긴다.

[0032] 실제로, 이산화탄소( $\text{CO}_2$ ) 레이저 빔의 전술한 특징은 유리 표면 상의 상대적으로 큰 레이저 빔 풋프린트(footprint)를 요한다. 언급한 바와 같이, 주어진 유리 두께에서, 유리를 파단시키기 위한 최소 유리 온도이다. 이산화탄소( $\text{CO}_2$ ) 레이저 빔의 광 에너지의 침투 깊이가 오직 몇 미크론이기 때문에, 유리를 파열시키는 가능성을 최소화하는 것을 시도하는 동안 원하는 온도를 달성하기 위해, 유리 표면 상의 레이저 빔 크기를 증가시킬 필요가 있다. 예를 들어, 등근 이산화탄소( $\text{CO}_2$ ) 레이저 빔은 약 1.5  $\text{mm}$  이상의 지름일 수 있다. 그 결과, 유리 시트의 응력 장(stress field)은 밀리미터 정도이며, 이는 완벽하게 직선으로부터 허용되는 편차가 수백 미크론 미만, 예를 들어 100 미크론 미만, 또는 75 미크론 미만, 또는 50 미크론 미만, 또는 25 미크론 미만, 또는 10 미크론 미만인 적용의 에지 직진도에 특히 바람직하지 않다. 이러한 큰 응력 장에 의해 발생된 파단은 미세한 외부 영향 하에 이동할 수 있으므로, 절단 치수 제어 성능을 제한한다.

[0033] 초 얇은 유리(약 0.3  $\text{mm}$  미만)는 굴곡 강도(flexural rigidity)가 유리 두께의 3제곱에 비례하기 때문에 매우 유연하다. 이산화탄소( $\text{CO}_2$ ) 레이저 빔에 의한 유리 기판의 국부 가열은 상당한 국부 열팽창을 야기할 것이다. 특히, 이러한 열팽창은 이산화탄소( $\text{CO}_2$ ) 레이저 빔의 전술한 낮은 침투 깊이로 인한 유리 두께와 관련하여 균일하지 않을 것이다. 결과적으로, 바람직하지 않은 유리 변형(예컨대, 열적 좌굴(thermal buckling), 기계적 변형, 유리 뒤틀림)이 이산화탄소( $\text{CO}_2$ ) 레이저 절단 공정 중 일어나며, 이는 안정적인 파괴 공정을 유지하기 위해 필요한 응력장을 변화시킨다. 이러한 유리 변화의 효과를 최소화하는 하나의 방법은 상대적으로 높은 속도, 예를 들어, 1 m/sec보다 큰 속도에서 유리 시트를 절단하는 것이다. 그러나, 이러한 높은 속도는 특히 절단 라인의 굴곡진 부분을 따라 절단하는 것과 관련하여, 다른 원하지 않은 공정 특징을 야기할 수 있다(예컨대, 유리 시트에 대한 레이저 빔의 움직임이 복잡한 속도 및/또는 복잡한 출력 제어 계획).

[0034] 도 3을 다시 참고하면, 0  $\mu\text{m}$  내지 300  $\mu\text{m}$  범위(X-축)의 유리 시트를 통해 투과된 일산화탄소( $\text{CO}$ ) 레이저 빔으로 부터의 광 에너지의 비율(Y-축)은 곡선(202)으로 나타난다. 특히, 곡선(202)은 매우 직선형이며, 0-300  $\mu\text{m}$  범위의 전체 두께에 걸친 두께에서 유리 시트에 의한 광 에너지 투과(및 상대적으로 낮은 흡수)를 갖는다. 더욱 특히, 곡선(202)은 유리 시트 및 일산화탄소( $\text{CO}$ ) 레이저 빔의 특징이 다음 중 적어도 하나임을 나타낸다: (i) 유리 시트에 의해 레이저 빔의 광 에너지의 흡수 비율은 적어도 약 0.1  $\text{mm}$  이하의 두께에 대해 약 80 % 이하임; (ii) 유리 시트를 통해 레이저 빔의 광 에너지의 투과 비율은 적어도 약 0.1  $\text{mm}$  이하의 두께에 대해 약 20 % 이상임; (iii) 유리 시트에 의해 레이저 빔의 광 에너지의 흡수 비율은 적어도 약 0.2  $\text{mm}$  이하의 두께에 대해 약 90 % 이하임; (iv) 유리 시트를 통한 레이저 빔의 광 에너지의 투과 비율은 적어도 약 0.2  $\text{mm}$  이하의 두께에 대해 약 10 % 이상임; (v) 유리 시트에 의한 레이저 빔의 광 에너지의 흡수 비율은 적어도 약 0.3  $\text{mm}$  이하의 두께에 대해 약 95 % 이하임; 및 (vi) 유리 시트를 통한 레이저 빔의 광 에너지의 투과 비율은 적어도 약 0.3  $\text{mm}$  이하의 두께에 대해 약 5 % 이상임. 이러한 유형의 선형의, 투과 및/또는 흡수 특징은 유리 시트를 절단하는 공정 파라미터를 제어하는 데 특히 유리하다는 것을 발견하였다.

[0035] 상업적으로 이용 가능한 일산화탄소( $\text{CO}$ ) 레이저는 이산화탄소( $\text{CO}_2$ ) 레이저보다 훨씬 앞섰고, 따라서 일산화탄소( $\text{CO}$ ) 레이저는 통상적으로 유리 절단 기술에서 사용되지 않았다. 그러나, 전술한 바와 같이, 유리 시트에 의한 일산화탄소( $\text{CO}$ ) 레이저의 광 에너지 흡수는 이산화탄소( $\text{CO}_2$ ) 레이저의 광 에너지 흡수보다 약 한 자릿수(an order of magnitude) 더 작으며, 이는 유리 절단에  $\text{CO}$  레이저를 사용하는 것이 직관적이지 않게 만든다. 특히, 일산화탄소( $\text{CO}$ ) 레이저의 광 에너지의 파장은 약 4 내지 약 6  $\mu\text{m}$ , 통상적으로 약 5.3  $\mu\text{m}$ 이다.

[0036] 유리 시트에 의한 일산화탄소( $\text{CO}$ ) 레이저의 광 에너지의 더 낮은 흡수는 체적 가열 특징을 초래하며, 이는 초 얇은(ultrathin) 유리 시트의 절단에 훨씬 더 우수한 것으로 밝혀졌다. 실제로, 일산화탄소( $\text{CO}$ ) 레이저 빔은 절단 후 유리 에지에 잔류 응력을 발생하지 않고 더 작은 빔 직경(약 1mm 미만)으로 집속될(focused) 수 있다. 빔 직경이 작을수록 절단 공정의 치수 제어 성능이 향상된다. 또한, 일산화탄소( $\text{CO}$ ) 레이저에 의해 생성된 체적 가열 특징으로 인해, 절단 공정 동안 초 얇은 유리 시트의 매우 낮은 크기의 변형이 있다. 이것은 결국 공정 안정성을 희생하지 않고 적당한 속도로(초당 1m/sec 미만) 절단을 허용한다. 절단 라인의 염격한 곡선에서도 절단 프로세스가 안정적으로 유지된다.

[0037] 이제 도 2 및 도 4를 참고하면, 후자는 유리 기판(10)을 생산하기 위해 유리 시트(20) 상에 일산화탄소( $\text{CO}$ ) 레

이제 절단 공정을 수행하기 위한 시스템을 예시한다. 다시, 도 2 및 4에 개시된 구현예는 소스 유리 시트(20)로부터 유리 기판(10)을 절단하는 두 접근 중 첫 번째이며, 특히, 여기서, 일산화탄소(CO) 레이저 및 냉각 유체 모두가 유리 시트(20)를 절단하기 위한 응력을 생성하는 데 사용된다. 대안적으로, 두 번째 접근은 본원에서 나중에 개시된다(도 5 참조).

[0038] 유리 시트(20)는 지지 구조(102)를 사용하여 지지될 수 있으며, 이는 바람직하게는 유리 시트(20)를 (장치(100)의 절단 존 내외로) 수송하고 절단 공정 동안 유리 시트(20)를 유지하는 기능을 제공한다. 이러한 기능을 달성하기 위해, 지지 구조(102)는 공기 베어링 메커니즘, 압력 및/또는 진공 메커니즘 등 중 하나 이상을 포함할 수 있다.

[0039] 기계적 도구(스코어링 디바이스), 예를 들어 절단 휠(cutting wheel)은 유리 시트(20)의 표면에 충분한 깊이의 상대적으로 얇은 균열(30)을 생성하기 위해 사용될 수 있다. 도 2에 도시된 바와 같이, 개시 균열(30)은 원하는 윤곽의 주변 외부(예를 들어, 최종 유리 기판(10)의 주변 외부)에 배치될 수 있다. 대안으로, 단-펄스 레이저가 균열 개시를 위한 균열/결함을 생성하는 데 사용될 수 있다. 단-펄스 레이저는 나노초(nanosecond) UV 레이저, 나노초 IR 또는 가시 레이저(visible laser), 초단( $10^{-9}$  초 미만) 펄스 레이저 등 중 하나일 수 있다. 레이저 애블레이션(Laser ablation) 기반 개시 공정은 초 얇은 유리에 특히 적합하며, 이는 기계적 개시가 기계적 접촉과 유리에 가해지는 하중의 정밀한 제어가 필요하기 때문이다.

[0040] 레이저 빔(60), 특히 일산화탄소(CO) 레이저 빔은 레이저 에너지의 소스(64), 폴딩 광학기(66, folding optics), 및 집속 광학기(68, focusing optics)를 사용하여 구현될 수 있다. 개시 라인에서 시작하는 유리 시트(20)에 대한 레이저 빔(60)의 적용(개시 균열(30))은 균열의 전파가 시작된다. 절단 라인을 따라 유리 시트(20)에 대한 레이저 빔(60)의 연속적인 이동은 절단 라인에서 유리 시트(20)의 온도(바람직하게, 실질적으로 일정한 온도로)를 상승시킨다. 동시에, 냉각 유체(62)가 레이저 빔(60)에 대해 적용되어(노즐(70)을 통해), 냉각 유체(62)가 유리 시트(20)의 온도 차이를 유발하여 전술한 인장 응력을 유도하고 절단 라인을 따라 유리 시트(20)에서 균열(예를 들어, 파단 또는 벤트)을 전파시킨다. 유리 시트(20)에 대한 레이저 빔(60) 및 노즐(70)의 이동은 임의의 공지된 이송 메커니즘을 통해 달성될 수 있다.

[0041] 자유형 레이저 절단은 환형(annular), 원형, 링-형상의 냉각수 존(62)(냉각수 소스 노즐(70, coolant source nozzle)을 사용하여 달성됨)으로 둘러싸인 등근 형상의 레이저 빔(60)을 사용하여 달성될 수 있다. 원형 레이저 빔(60)은 환형 냉각수 존(62)과 함께 임의의 미리 정해지거나 고유의 배향(orientation)을 나타내지 않으며, 따라서 임의의 방향으로(임의의 복잡한 빔 형상 기술(beam shaping techniques)을 사용하거나 노즐(70)의 이동을 위한 임의의 추가 움직임 축을 제공해야 하지 않고) 균열을 전파하는 데 사용될 수 있다. 부가적으로, 작은 지름의 레이저 빔이 또한 자유형 레이저 절단에 대해 알려져 있지만, 본원의 구현예는: (i) 1 mm 미만; (ii) 0.9 mm 미만; (iii) 0.8 내지 0.8 mm; 및 (iv) 약 0.85 mm;의 상당히 감소된 빔 지름을 이용한다.

[0042] 레이저 출력(64)의 소스는 약 4 내지 약 6  $\mu\text{m}$ , 예를 들어 약 5  $\mu\text{m}$ 의 파장에서 작동하는 일산화탄소(CO) 레이저 메커니즘을 사용하여 구현된다.

[0043] 결과적으로, 유리 시트(20) 및 레이저 빔(60)의 특징은 유리 시트(20)에 의한 레이저 빔의 광 에너지의 흡수 및/또는 투과 비율이 실질적으로 선형이고 상기 나열된 범위와 적합하도록 한다.

[0044] 일산화탄소(CO) 레이저 빔(60)을 사용하는 전술한 흡수 및/또는 투과 특징은 유리 시트(20)에 대해 레이저 빔(60)의 움직임의 바람직한 속도를 허용하고, 구체적으로 다음 중 적어도 하나를 허용한다: (i) 1 m/sec 미만; (ii) 약 0.9 m/sec 미만; (iii) 약 0.8 m/sec 미만; (iv) 약 0.7 m/sec 미만; (v) 약 0.6 m/sec 미만; (vi) 약 0.5 m/sec 미만; (vii) 약 0.4 m/sec 미만; (viii) 약 0.3 m/sec 미만; 또는 (ix) 약 0.2 m/sec 미만.

[0045] 유리 시트(20)의 절단 라인에서 실질적으로 일정한 온도가 달성되기 때문에, 레이저 빔(60)이 직선이 아닌 절단 라인을 획단한다고 하더라도 일산화탄소(CO) 레이저 빔(60)을 사용하는 상기 흡수 및/또는 투과 특징이 최종 유리 기판(10) 상의 충분한 절단 예지 품질을 달성한다는 것이 또한 발견되었다.

[0046] 더욱이, 유리 시트(20)의 절단 라인에서의 전술한 실질적으로 일정한 온도는 하나 이상의 절단 파라미터, 실질적으로 일정한, 예를 들어 다음 중 하나 이상을 유지하면서 달성된다: (i) 전체 절단 라인에 걸친 유리 시트(20)에 대한 레이저 빔(60)의 이동의 속도; 및 (ii) 유리 시트(20)에 대해 그리고 전체 절단 라인에 걸친 레이저 빔(60)의 이동 동안 레이저 빔(60)의 출력 수준(power level). 이들 파라미터들 중 적어도 하나, 및 바람직하게 모두는 절단 라인이 하나 이상의 직선 섹션 및 약 2 mm 이상의 반경을 가진 하나 이상의 굴곡진 섹션을 포

함하면서도 실질적으로 일정하게 남는다.

[0047] 이제 도 5를 참고하면, 이는 유리 기판(10)을 형성하기 위해 (두 번째 접근을 이용하여) 소스 유리 시트(20)를 절단하기 위한 대안 장치(100A)를 나타낸다. 이러한 구현예에서, 냉각 유체의 소스가 없는 일산화탄소(CO) 레이저가 유리 시트(20)를 절단하는 데 사용된다. 이 구현예에서, 유리 시트(20)의 두께는 약 100  $\mu\text{m}$  이하이다. 이와 같이, 유리 시트(20)가 초 얇기 때문에, 유리 시트(20)가 벤트 또는 균열을 전파하기 위한 원하는 응력을 발생하기에 충분한 빠른 표면 대류 열손실을 나타내므로 강제 냉각을 사용할 필요가 없다.

[0048] 유사한 참조 번호의 장치(100, 100A) 모두에 이용되는 요소들의 세부사항은 반복되지 않을 것이다. 레이저 빔(60), 특히 일산화탄소(CO) 레이저 빔은 절단 라인을 따라 레이저 빔(60)을 이동시키기 위해 회전 광학 거울(56, 58)을 이용하여, 이중-축(duo-axis)(XY) 광학 스캐너를 사용하여 구현될 수 있다. 절단 라인을 따른 유리 시트(20)에 대한 레이저 빔(60)의 연속적인 이동은 유리 시트(20)의 온도를 상승시키(바람직하게 실질적으로 일정한 온도로) 유리 시트(20)를 절단하기 충분한 절단 라인에서 응력을 제공한다. 광학 스캐너(optical scanner)의 장점은 훨씬 더 빠른 가속 및 감속을 하여 높은 속도에서 절단 괘적(작은 코너 반경)을 변화시키지 않을 수 있다는 것이다. 도 2의 구현예에서와 같이, 개시 균열은 기계적인 개시 또는 개시에 기초한 레이저 애블레이션을 사용하여 발생된다. 레이저 빔은 개시 균열(30)로 그리고 규정된 절단 경로를 따라 이동된다. 빠른 가열 및 이후 대류 냉각 공정은 이동하는 레이저 빔의 경로를 따른 관통 균열 성장을 촉진하면서 인장 응력을 발생한다.

[0049] 적절한 디스플레이 유리 시트, 특히 69.1 SiO<sub>2</sub>; 10.19 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; 15.1 Na<sub>2</sub>O; 0.01 K<sub>2</sub>O; 5.48 MgO; 0.01 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; 0.01 ZrO<sub>2</sub>; 및 0.1 SnO<sub>2</sub>의 mol%의 공칭 조성(nominal composition)의 Corning® 초 얇은 유리 시트 상에 전술한 일산화탄소(CO) 레이저 절단 기술을 입증하기 위해 실험이 수행되었다. 유리 기판(20)은 35  $\mu\text{m}$ 의 두께를 갖는다. 제1 타겟 유리 기판(10)의 치수는 105 mm x 180 mm이고, 코너 반경이 3 mm이다. 제2 타겟 유리 기판(10)의 치수는 105 mm x 180 mm이고, 코너 반경이 3 mm이다. 각각의 경우에서, 20 kHz 반복률, 20.6 % 작동 주기(duty cycle), 및 20 W의 출력으로 작동하는, 일산화탄소(CO) 레이저가 도 4의 것과 유사한 구조로 이용되었다. 레이저 빔(60)은  $f = 750 \text{ mm}$  MgF<sub>2</sub> 렌즈(68)를 사용하여 0.85 mm 지름으로 하향 집속된다. 이중-축 갤보 스캐너(duo-axis galvo scanner)는 0.33 m/sec의 속도로 절단 경로를 따라 레이저 빔(60)을 스캔하는 데 사용된다. 우수한 예지 품질을 가진 유리 기판(10)이 달성된다.

[0050] 본원 개시는 특정 구현예를 참고하여 설명되었지만, 이러한 구현예가 본원의 구현예의 원리 및 적용의 단지 예시임을 이해해야 한다. 그러므로 상기 예시의 구현예에 다수의 변형이 이루어질 수 있고 본 출원의 본질 및 범위를 벗어나지 않는 한 다른 배열이 고안될 수 있음을 이해해야 한다.

[0051] 본원 구현예에 따른 방법 및/또는 장치는 다음을 포함하여 다수의 관점을 제공할 수 있다: 0.3 mm 이하 두께의 소스 유리 시트를 지지하는 것; 기계적인 스코어링 디바이스를 사용하여 개시 라인에서 유리 시트를 스코어링하는 것; 절단 라인을 따라 유리 시트를 절단하기 충분한 응력을 상기 절단 라인에 제공하도록 유리 시트의 온도를 상승시키기 위해, 상기 개시 라인에서 시작하여 상기 절단 라인을 따라 유리 시트에 대해 일산화탄소(CO) 레이저 빔을 계속해서 이동시키는 유리 시트에 일산화탄소(CO) 레이저 빔을 적용하는 것; 및 원하는 형상을 얻기 위해 유리 시트로부터 폐기 유리를 분리하는 것.

[0052] 방법 및/또는 장치의 하나 이상의 전술한 관점은 소스 유리 시트의 두께가 약 0.1 mm임을 더욱 포함할 수 있다.

[0053] 방법 및/또는 장치의 하나 이상의 전술한 관점은 레이저 빔의 적용과 동시에 냉각 유체를 적용하는 것을 더욱 포함하므로, 냉각 유체는 원하는 형상을 얻기 위해 절단 라인을 따른 유리 시트의 파단을 전파하는 응력을 제공하기 충분한 유리 시트의 온도를 적어도 줄인다.

[0054] 방법 및/또는 장치의 하나 이상의 전술한 관점은 레이저 빔이 약 4 내지 약 6  $\mu\text{m}$ 의 파장에서의 광 에너지를 방출하는 것을 더욱 포함할 수 있다.

[0055] 방법 및/또는 장치의 하나 이상의 전술한 관점은 다음을 더욱 포함할 수 있으며, 유리 시트 및 레이저 빔의 특징은 다음 중 적어도 하나가 되도록 한다: (i) 유리 시트에 의한 레이저 빔의 광 에너지의 흡수 비율은 적어도 약 0.1 mm 이하의 두께에 대해 약 80 % 이하임; (ii) 유리 시트를 통한 레이저 빔의 광 에너지의 투과 비율은 적어도 약 0.1 mm 이하의 두께에 대해 약 20 % 이상임; (iii) 유리 시트에 의한 레이저 빔의 광 에너지의 흡수 비율은 적어도 약 0.2 mm 이하의 두께에 대해 약 90 % 이하임; (iv) 유리 시트를 통한 레이저 빔의 광 에너지의 투과 비율은 적어도 약 0.2 mm 이하의 두께에 대해 약 10 % 이상임; (v) 유리 시트에 의한 레이저 빔의 광 에너

지의 흡수 비율은 적어도 약 0.3 mm 이하의 두께에 대해 약 95 % 이하임; 및 (vi) 유리 시트를 통한 레이저 빔의 광 에너지의 투과 비율은 적어도 약 0.3 mm 이하의 두께에 대해 약 5 % 이상임.

[0056] 방법 및/또는 장치의 하나 이상의 전술한 관점은 레이저 빔이: (i) 1 mm 미만; (ii) 약 0.9 mm 미만; (iii) 0.8 내지 0.9 mm; 및 (iv) 약 0.85 mm; 중 적어도 하나의 지름을 가진 실질적으로 원형 형상인 것을 더욱 포함할 수 있다.

[0057] 방법 및/또는 장치의 하나 이상의 전술한 관점은, 유리 시트에 대해 레이저 빔의 이동 속도가: (i) 1 m/sec 미만; (ii) 약 0.9 m/sec 미만; (iii) 약 0.8 m/sec 미만; (iv) 약 0.7 m/sec 미만; (v) 약 0.6 m/sec 미만; (vi) 약 0.5 m/sec 미만; (vii) 약 0.4 m/sec 미만; (viii) 약 0.3 m/sec 미만; 또는 (ix) 약 0.2 m/sec 미만; 중 적어도 하나임을 더욱 포함할 수 있다.

[0058] 방법 및/또는 장치의 하나 이상의 전술한 관점은, 전체 절단 라인에 걸친 유리 시트에 대한 레이저 빔의 일정한 이동 속도를 유지하는 것을 더욱 포함할 수 있다.

[0059] 방법 및/또는 장치의 하나 이상의 전술한 관점은, 유리 시트에 대해 그리고 전체 절단 라인에 걸쳐 레이저 빔의 이동 동안 레이저 빔의 실질적으로 일정한 출력 수준을 유지하는 것을 더욱 포함할 수 있다.

[0060] 방법 및/또는 장치의 하나 이상의 전술한 관점은, 절단 라인이 하나 이상의 직선 섹션 및 약 10 mm 미만의 반경을 가진 하나 이상의 굴곡 섹션을 포함하는 것을 더욱 포함할 수 있다.

[0061] 본원에 사용된 바와 같이, "약"이라는 용어는 양, 크기, 공식, 파라미터, 및 다른 수량 및 특징들이 정확하지 않고 정확할 필요 없지만, 원하는 대로, 허용오차, 변환 계수, 반올림, 측정 오차 등, 및 당업자에게 알려진 다른 요인들을 반영하여 근사 및/또는 더 크거나 더 작을 수 있음을 의미한다. "약"이라는 용어가 값 또는 범위의 말단점을 설명하는 데 사용되는 경우, 개시는 지칭된 특정 값 또는 말단점을 포함하는 것으로 이해되어야 한다. 명세서의 범위의 수치 값 또는 범위의 말단점이 "약"을 인용하든 아니든, 수치 값 또는 범위의 말단점은 다음의 두 구현예를 포함하는 것으로 의도된다: "약"에 의해 수정된 것, 및 "약"에 의해 수정되지 않은 것. 범위의 각각의 말단점들이 다른 말단점과 관련하고 다른 말단점과 독립적인 것 모두 중요하다는 것을 더욱 이해할 것이다.

[0062] 본원에 사용된 바와 같이 "실질적인", "실질적으로"와 같은 용어 및 이들의 변형은 설명된 특성이 값 또는 설명과 같거나 대략적으로 같다는 것을 나타내도록 의도된다. 예를 들어, "실질적으로 평평한" 표면은 평평하거나 대략적으로 평평한 표면을 나타내도록 의도된다. 더욱이, "실질적으로"는 두 값들이 같거나 대략적으로 같은 것을 나타내도록 의도된다. 일부 구현예에서, "실질적으로"는 서로 약 10 % 내의 값, 서로 약 5 % 내의 값, 또는 서로 약 2 % 내의 값을 나타낼 수 있다.

[0063] 본원에 사용된 바와 같이 예를 들어 위, 아래, 우측, 좌측, 전면, 후면, 상단, 바닥, 내측, 외측과 같은 방향 용어는 단지 도시된 도면을 참고하여서만 이루어지고 절대적인 배향을 의미하는 것으로 의도되지 않는다.

[0064] 본원에 사용된 "단수" 용어는 "적어도 하나"를 의미하며, 달리 명시적으로 나타내지 않는 한 "오직 하나"로 제한되지 않아야 한다. 따라서, 예를 들어, "하나의 구성요소"에 대한 언급은 달리 문맥에 명백하게 언급하지 않는 한 둘 이상의 그러한 구성요소를 가진 구현예를 포함한다.

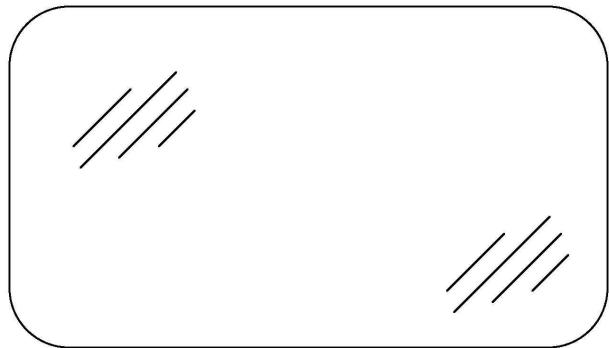
[0065] 본원에 사용된 바와 같이, "포함하는" 및 "구비하는"과 같은 용어 및 이들의 변화는 달리 언급하지 않는 한 동의어 및 개방형으로 해석되어야 한다. 포함하는 또는 구비하는 것과 같은 과도기 구절 다음에 오는 요소 목록은 비배타적인 목록이므로, 리스트에 구체적으로 언급된 것 외의 요소들 또한 존재할 수 있다.

[0066] 본 개시의 사상 및 범위를 벗어나지 않는 한 본 개시에 대해 다양한 수정 및 변형이 이루어질 수 있음이 당업자에게 명백할 것이다. 따라서, 본 개시가 첨부된 청구항 및 그 균등물의 범위 내에 있는 한 그러한 제공된 수정 및 변형을 커버한다는 것으로 의도된다.

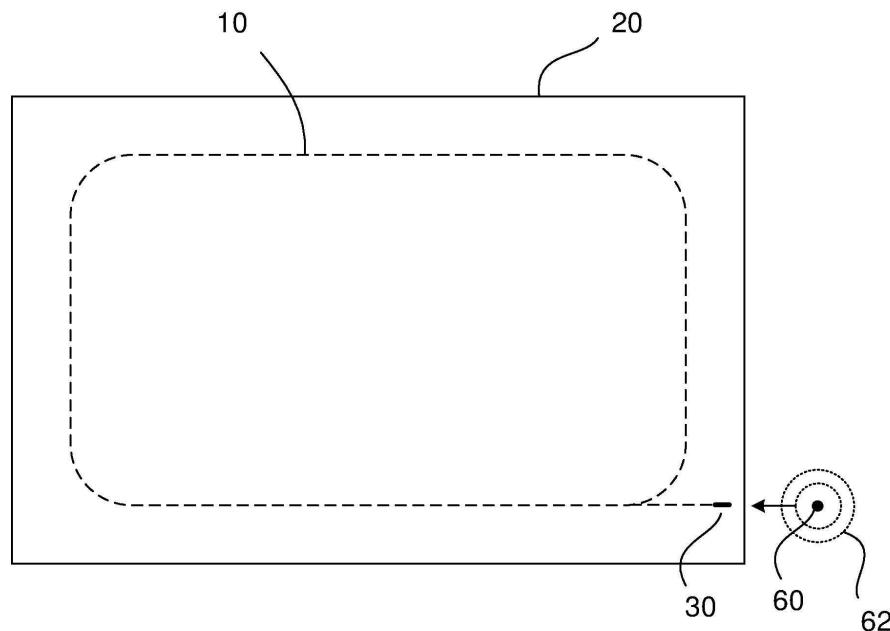
도면

도면1

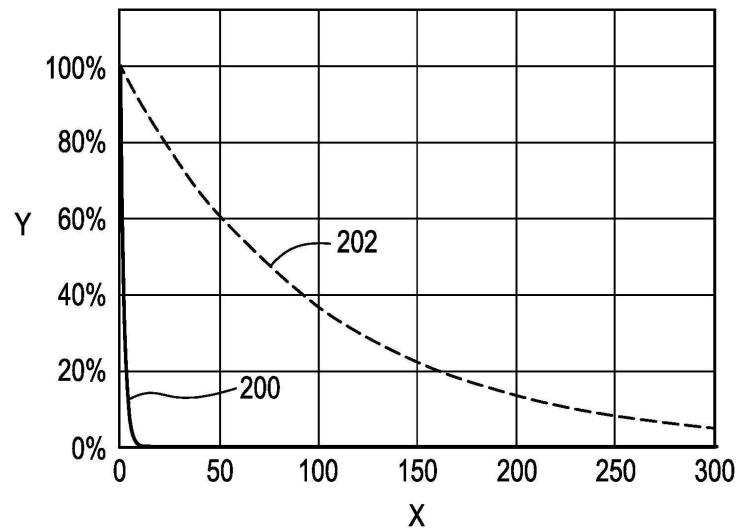
10



도면2

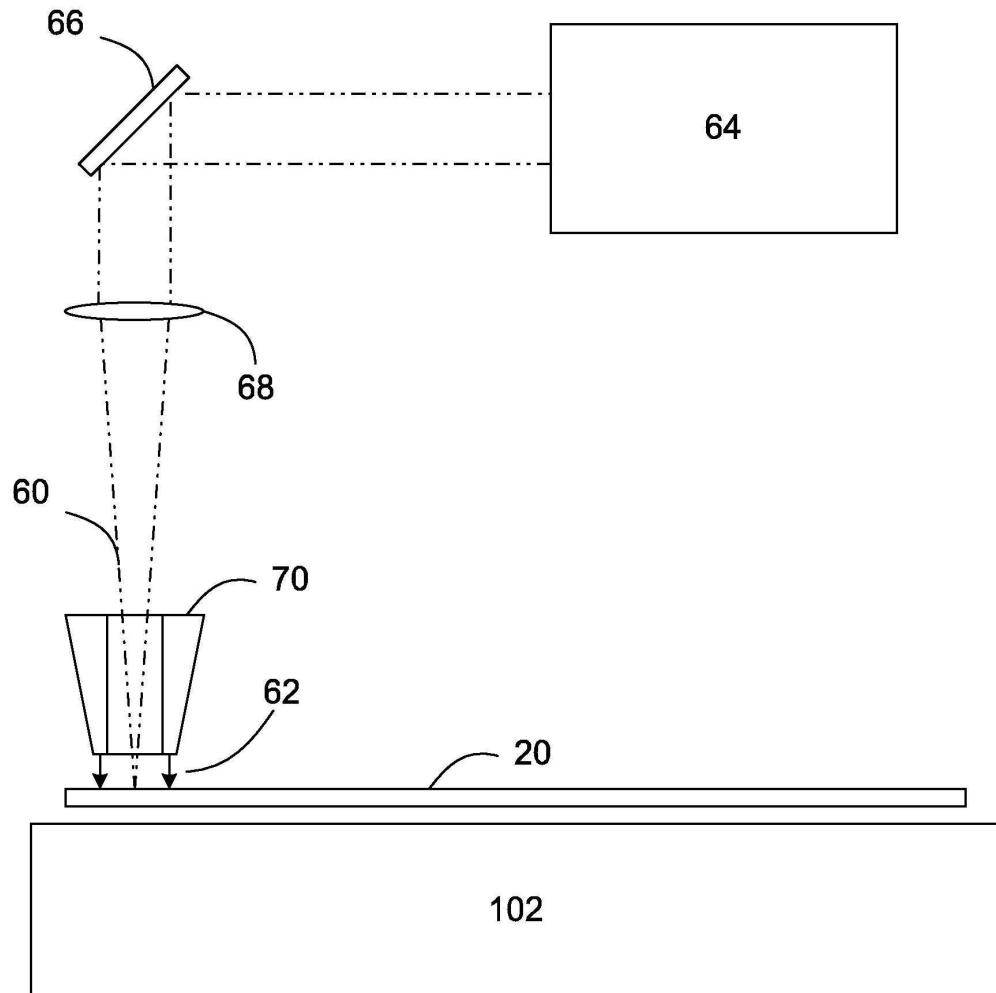


도면3



도면4

100



도면5

100A

