



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2011-0106360
(43) 공개일자 2011년09월28일

- | | |
|---|---|
| <p>(51) Int. Cl.
C03B 33/02 (2006.01) B23K 26/38 (2006.01)
C03B 33/03 (2006.01) C03B 33/033 (2006.01)</p> <p>(21) 출원번호 10-2011-7016142</p> <p>(22) 출원일자(국제출원일자) 2009년12월15일
심사청구일자 없음</p> <p>(85) 번역문제출일자 2011년07월12일</p> <p>(86) 국제출원번호 PCT/JP2009/070900</p> <p>(87) 국제공개번호 WO 2010/071128
국제공개일자 2010년06월24일</p> <p>(30) 우선권주장
JP-P-2008-320251 2008년12월16일 일본(JP)</p> | <p>(71) 출원인
가부시키가이샤 레미
일본국 오사카후 다카츠키시 조호쿠쵸 1쵸메 6반 8고</p> <p>(72) 발명자
에노키조노 히토시
일본 오사카후 다카츠키시 조호쿠쵸 1쵸메 6반 8고 가부시키가이샤 레미 내
가루베 노리오
일본 오사카후 다카츠키시 조호쿠쵸 1쵸메 6반 8고 가부시키가이샤 레미 내</p> <p>(74) 대리인
한양특허법인</p> |
|---|---|

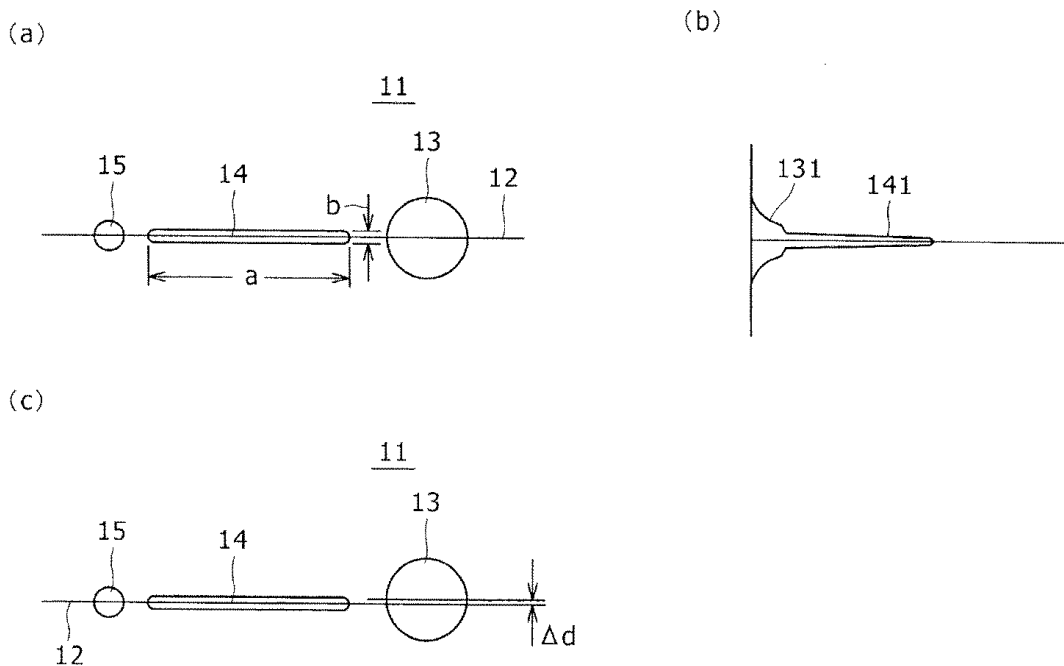
전체 청구항 수 : 총 17 항

(54) 취성 재료의 분할 장치 및 할단 방법

(57) 요약

레이저 광원으로서 범용성이 높은 CO₂ 레이저 광원을 사용할 수 있고, 할단속도를 대폭 증가시킴과 더불어, 할단면이 할단 예정선에 대하여 만곡하지 않고 곧은 직선 형상으로 풀 바디 할단시킬 수 있는 취성 재료의 분할 장치를 제공한다. 유리 기관(11)의 할단 예정선(12)을 따라 제1 빔 조사 영역(13), 제2 빔 조사 영역(14) 및 냉각점(15)의 열을 상대적으로 이동시킨다. 제1 빔 조사 영역(13)은 제2 빔 조사 영역(14)에 대하여 할단 방향의 전방에 위치하고 있고, 제2 빔 조사 영역(14)은 할단 예정선을 따라 가늘고 긴 형상의 빔으로 하고, 냉각점(15)은 제2 빔 조사 영역(14)의 후단으로부터 소정 위치만큼 떨어진 위치에 배치된다.

대표도



특허청구의 범위

청구항 1

취성 재료에 상정된 할단 예정선에 대하여, 그 할단 예정선 상에 형성된 초기 균열측으로부터 상기 할단 예정선을 따라 상기 취성 재료를 가열하고, 상기 할단 예정선을 따라 가열하는 위치를 상대적으로 이동시킴으로써 상기 취성 재료를 분할하는 취성 재료의 분할 장치로서,

상기 할단 예정선을 따라, 상기 취성 재료에 레이저 빔을 조사하여 가열 부분을 생성하는 레이저 빔 조사 수단과,

상기 할단 예정선을 따른 이동 방향에 관해 상기 가열 부분의 후방의 위치에서 상기 취성 재료를 국소적으로 냉각하는 냉각 수단을 구비하고,

상기 레이저 빔 조사 수단은,

상기 가열 부분에서, 상기 이동 방향의 전방에 위치하는 제1 레이저 빔 조사 영역을 형성하는 제1 빔 조사부와,

상기 가열 부분에서, 상기 제1 레이저 빔 조사 영역의 상기 이동 방향의 후방에 있어서 상기 할단 예정선을 따라 가늘고 긴 형상의 제2 레이저 빔 조사 영역을 형성하는 제2 빔 조사부를 포함하는 것을 특징으로 하는 취성 재료 분할 장치.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 제1 빔 조사부에 의해 형성되는 제1 레이저 빔 조사 영역에 부여하는 레이저 파워는, 상기 제2 빔 조사부에 의해 형성되는 제2 레이저 빔 조사 영역에 부여되는 레이저 파워보다도 큰 것을 특징으로 하는 취성 재료의 분할 장치.

청구항 3

청구항 1 또는 청구항 2에 있어서,

상기 제1 빔 조사부에 의해 형성되는 제1 레이저 빔 조사 영역의 레이저 파워 밀도는, 상기 제2 빔 조사부에 의해 형성되는 제2 레이저 빔 조사 영역의 레이저 파워 밀도보다도 낮은 것을 특징으로 하는 취성 재료의 분할 장치.

청구항 4

청구항 1에 있어서,

상기 제1 빔 조사부에 의해 형성되는 제1 레이저 빔 조사 영역의 위치는, 상기 제2 레이저 빔 조사 영역의 후단으로부터 떨어진 위치를 상기 냉각 수단에 의해 국소적으로 냉각하여 형성되는 냉각 위치에 대하여, 상기 할단 예정선을 따르는 방향의 거리가 가변인 것을 특징으로 하는 취성 재료의 분할 장치.

청구항 5

청구항 4에 있어서,

상기 제1 레이저 빔 조사 영역의 위치와 상기 냉각 위치의 거리는, 상기 취성 재료의 할단 속도 및 두께 중의 적어도 한쪽에 의거하여 설정되는 것을 특징으로 하는 취성 재료의 분할 장치.

청구항 6

청구항 1에 있어서,

상기 제1 레이저 빔 조사 영역의 형상이 대략 원형인 것을 특징으로 하는 취성 재료의 분할 장치.

청구항 7

청구항 1에 있어서,

상기 제1 레이저 빔 조사 영역의 형상이 대략 원형인 중앙부를 소정의 폭으로 분단한 형상인 것을 특징으로 하는 취성 재료의 분할 장치.

청구항 8

청구항 7에 있어서,

상기 제1 레이저 빔 조사 영역을 형성하는 제1 레이저 빔은, 상기 제1 빔 조사부로부터의 레이저 광의 광로의 중앙부에 소정의 폭의 차폐물을 배치하여 생성되는 것을 특징으로 하는 취성 재료의 분할 장치.

청구항 9

청구항 1에 있어서,

상기 제2 레이저 빔 조사 영역을 형성하는 제2 레이저 빔은, 상기 제2 빔 조사부의 레이저 광원으로부터의 레이저 광을 회절 광학 소자 또는 평볼록 실린드릭 렌즈에 통과시켜서 정형하여 생성되는 것을 특징으로 하는 취성 재료의 분할 장치.

청구항 10

청구항 1에 있어서,

취성 재료의 할단 예정선의 단부에 초기 균열을 형성하는 초기 균열 형성 수단을 더 구비하고, 상기 제1 빔 조사부 및 제2 빔 조사부를 상기 초기 균열의 위치로부터 상기 할단 예정선을 따라 이동시키는 것을 특징으로 하는 취성 재료의 분할 장치.

청구항 11

청구항 1에 있어서,

상기 레이저 빔 조사 수단은, 상기 제1 빔 조사부에 50% 이상의 레이저 파워를 분배하고, 상기 제2 빔 조사부에 50% 미만의 레이저 파워를 분배하는, 빔 스플리터를 포함하는 것을 특징으로 하는 취성 재료의 분할 장치.

청구항 12

취성 재료의 할단 예정선을 따라 가열하고, 상기 취성 재료와 상기 가열하는 위치를 상기 할단 예정선을 따라 상대적으로 이동시켜서 상기 취성 재료를 할단하는 취성 재료의 할단 방법으로서,

상기 할단 예정선 상의 취성 재료 단부에 초기 균열을 형성하고, 상기 초기 균열을 시점으로 하여 상기 취성 재료의 가열을 제1의 레이저 빔 및 제2의 레이저 빔으로 행하고, 상기 제1의 레이저 빔은 상기 제2의 레이저 빔에 대하여 상기 할단 예정선을 따르는 이동 방향의 전방에 위치하는 빔이며, 상기 제2의 레이저 빔은 상기 할단 예정선을 따라 가늘고 긴 형상의 빔이며, 상기 제2의 레이저 빔의 후단으로부터 소정 위치만큼 떨어진 위치를 국소적으로 냉각하는 것을 특징으로 하는 취성 재료의 할단 방법.

청구항 13

청구항 12에 있어서,

상기 제1의 레이저 빔에 의해 형성되는 제1 레이저 빔 조사 영역에 부여하는 레이저 파워는, 상기 제2의 레이저 빔에 의해 형성되는 제2 레이저 빔 조사 영역에 부여하는 레이저 파워보다도 큰 것을 특징으로 하는 취성 재료의 할단 방법.

청구항 14

청구항 12 또는 청구항 13에 있어서,

상기 제1의 레이저 빔에 의해 형성되는 제1 레이저 빔 조사 영역의 레이저 파워 밀도는, 상기 제2의 레이저 빔에 의해 형성되는 제2 레이저 빔 조사 영역의 레이저 파워 밀도보다도 낮은 것을 특징으로 하는 취성 재료의 할단 방법.

청구항 15

청구항 12에 있어서,

상기 제1의 레이저 빔에 의해 형성되는 제1 레이저 빔 조사 영역의 위치는, 상기 제2의 레이저 빔의 후단으로부터 떨어진 위치를 국소적으로 냉각하여 형성되는 냉각 위치에 대하여, 상기 할단 예정선을 따르는 방향의 거리가 가변인 것을 특징으로 하는 취성 재료의 할단 방법.

청구항 16

청구항 15에 있어서,

상기 제1 레이저 빔 조사 영역의 위치와 상기 냉각 위치의 거리는, 상기 취성 재료의 할단 속도 및 두께 중의 적어도 한쪽에 의거하여 설정되는 것을 특징으로 하는 취성 재료의 할단 방법.

청구항 17

청구항 12에 있어서,

취성 재료의 할단 예정선의 단부에 초기 균열이 형성되고, 제1의 레이저 빔 및 제2의 레이저 빔을 상기 초기 균열의 위치로부터 상기 할단 예정선을 따라 이동시키는 것을 특징으로 하는 취성 재료의 할단 방법.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 취성 재료, 특히 플랫폼 패널 디스플레이용 유리를 풀 바디 할단하는 취성 재료의 분할 장치 및 할단 방법에 관한 것이다. 이하, 취성 재료로서 유리를 예로 설명하는데, 본 발명은 유리 이외에도 석영, 세라믹, 반도체 등의 취성 재료에 일반적으로 적용이 가능하다.

배경기술

[0002] 최근 유리 할단에 있어서, 과거 1세기에 걸쳐 사용되어 온 다이아몬드 칩에 의한 기계적 방법을 대신하여, 레이저 광 조사에 의한 열응력 스크라이브(scribe) 방법(이하 레이저 스크라이브로 약기한다)이 사용되게 되었다.

[0003] 레이저 스크라이브에 의하면, 기계적 방법의 고유한 결점, 즉 마이크로 크랙 발생에 의한 유리 강도의 저하, 할단 시의 컬리트(cullet) 발생에 의한 오염, 적용 관두계의 하한치의 존재 등을 일소할 수 있다.

[0004] 레이저 스크라이브의 원리는 다음과 같다. 유리에 국소적으로 가열만이 발생하고, 기화, 용융이나 크랙이 발생하지 않을 정도의 레이저 광 조사를 행한다. 이 때 유리 가열부는 열팽창하고자 하지만 주변 유리로부터의 반작용을 만나 충분한 팽창이 불가능하여, 조사점을 중심으로 하여 압축 응력이 발생한다. 주변의 비가열 영역에서도, 가열부로부터의 팽창에 밀려서 더욱 주변에 대하여 왜곡이 발생하고, 그 결과 압축 응력이 발생한다. 이러한 압축 응력은 반경 방향의 것이다. 그런데, 물체에 압축 응력이 있는 경우에는, 그 직교 방향에는 포아송비(Poisson's ratio)가 관계된 인장 응력이 발생한다. 여기에서, 그 방향은 접선 방향이다. 이 모습을 도 9에 도시한다.

[0005] 도 9는, 원점에 중심을 둔 가우시안 분포의 온도 상승이 있는 경우의, 반경방향 응력성분(σ_x)과 접선방향 응력 성분(σ_y)의 변화를 나타낸 것이다. 반경방향 응력성분(σ_x)은 종시(終始) 압축 응력(도 9에서는 마이너스값)이지만, 접선방향 응력성분(σ_y)은 가열 중심(거리 $r=0$)에서는 압축 응력이지만, 가열 중심으로부터 벗어나면 인장 응력(도 9에서 플러스값)으로 변화된다.

[0006] 이들 응력 중, 할단에 관계되는 것은 인장 응력이다. 인장 응력이 재료 고유값인 파괴 인성치를 넘을 때에는, 파괴가 도처에 발생하여 제어 불능으로 된다. 레이저 할단 방법의 경우에는, 인장 응력을 이 파괴 인성치 이하로 선정해 두므로 파괴는 발생하지 않는다.

[0007] 그런데, 인장 응력 존재 위치에 균열이 있는 경우에는 이 균열 선단에서는 응력 확대가 발생하고, 이 응력에 의한 응력 확대 계수가 재료의 파괴 인성치를 넘으면 균열이 확대된다. 즉, 제어된 할단이 생기게 된다. 따라서, 레이저 조사점을 주사함으로써, 균열을 연장시켜 갈 수 있다.

- [0008] 이 유리의 레이저 스크라이브 방법은 콘도라텐코씨에 의해 처음으로 개발되어, 특허문헌 1의 일본 특허가 성립되어 있다. 도 10(a)에 특허문헌 1에 의한 레이저 할단 방법의 원리를 나타낸다. 레이저 광으로는 CO₂ 레이저 광이 사용되고, CO₂ 레이저 광의 빔 스폿(1)에 있어서의 에너지의 99%는, 유리(2)의 깊이 3.7 μ m의 유리 표면층에 있어서 흡수되고, 유리(2)의 전 두께에 걸쳐 투과하지 않는다. 이는, CO₂ 레이저 파장에 있어서의 유리의 흡수 계수가 현저하게 큰 것에 의한다. 레이저 스크라이브에 의한 깊이는 유리(2) 중의 열전도(4)에 의해 도움을 받아도, 통상 100 μ m 정도이다.
- [0009] 유리(2)는 취성이 강하고, 이 스크라이브선에 맞춰서 응력을 인가함으로써 기계적으로 할단할 수 있다. 이 기계적 응력의 인가에 의해 전체 할단하는 프로세스를 브레이크로 칭한다. 즉, 레이저 스크라이브법을 채용할 경우에는, 유리를 분단하기 위해서 브레이크라고 하는 후 행정이 필수 불가결하고, 브레이크 공정이 필요하기 때문에 실용성이 한정되어서, 반드시 보급이 완전한 것은 아니었다.
- [0010] 레이저 빔을 이용하여 유리를 완전히 분단한다고 하는 요망으로부터 생각하면, 레이저 스크라이브에는 브레이크라고 하는 후 공정이 부가되므로, 반드시 레이저 스크라이브만으로 충분한 것은 아니다. 여기에서 필요하다고 기대되는 것이 레이저 빔을 이용한 풀 바디 할단의 기술이다. 그러나, 특허문헌 1에 있어서는, 풀 바디 할단에는 후술하는 것과 같은 몇개의 결점이 있어서 레이저 스크라이브 기술의 쪽이 우수하다는 주장이 성립되고, 풀 바디 할단의 실효성에 부정적인 입장을 나타내고 있다.
- [0011] 레이저 스크라이브의 기술에 관한 다른 선행 문헌으로서, 특허문헌 2에 있어서는, 레이저 빔을 유리 기관 상에 조사하고, 유리 기관의 주사 방향을 따라 Y축 방향으로 길어진 타원형상의 레이저 스폿(LS1)과, X축 방향을 따라 길어진 타원형상의 레이저 스폿(LS2)을, 미리 설정된 소정의 거리만큼 떨어져 형성하는 것이 기재되어 있다. 그러나, 특허문헌 2에 기재된 발명의 목적도 풀 바디 할단을 목적으로 한것은 전혀 아니고, 어디까지나 안정된 레이저 스크라이브를 행하는 것을 목적으로 하고 있다.
- [0012] 이에 대하여, 도 10(b)에 나타내는 것과 같은 유리(2)에 투과하여 그 일부가 흡수되는 것과 같은 레이저 광(5)을 조사하면, 투과광이 유리(2)의 전체 판 두께에 대하여 할단(6)을 발생시키므로, 유리(2)는 이 공정만으로 할단이 가능하여 브레이크가 불필요해진다. 이 할단을, 레이저에 의한 풀 바디 할단으로 부른다.
- [0013] 풀 바디 할단의 채용에 의해, 상기한 레이저 할단 방법이 가지는 기술 특징에 추가하여, 브레이크가 불필요해지는, 자유 곡선 할단이 가능해지는 등의 풀 바디 할단 특유의 메리트가 생기고, 플랫폼 패널 제조 공정에 있어서 큰 개선을 할 수 있게 된다. 본원 출원인은, 이 풀 바디 할단 기술에 대하여 특허문헌 3, 4 등의 제안을 하고 있다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0014] (특허문헌 0001) 일본국 특허 제3027768호 공보
- (특허문헌 0002) 일본국 국제 공개 제03/008168호 팜플렛
- (특허문헌 0003) 일본국 특허 공개 2007-76077호 공보
- (특허문헌 0004) 일본국 특허 공개 2007-261885호 공보

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0015] 특허문헌 1에 의한 할단은 풀 바디 할단이 아니므로 브레이크 공정이 필요하여 실용성이 한정되는 것은 앞에서 기술한 대로이다. 특허문헌 3, 4에 제안되어 있는 레이저에 의한 풀 바디 할단 기술에 있어서, 레이저 광원으로서 범용성이 높은 CO₂ 레이저 광을 이용한 경우는, 유리의 표면에서 대부분이 흡수되어버리므로 그대로 적용할 수는 없다. 또한, 풀 바디 할단 기술에는 특허문헌 1에서 지적되어 있는 바와 같이, 소위 사이즈 효과에 의해 할단 위치가 워크 단부로부터 떨어져 있으면 할단 속도가 현저하게 저하하고, 할단 위치가 유리의 단부에 가까우면 할단면이 구부러진다는 결점이 있다. 이 사이즈 효과에 의한 결점을 도 11에 의해 설명한다.

- [0016] 우선 유리의 풀 바디 할단의 제1의 결점인 저속성에 대해서 설명한다. 도 11(a)에 있어서, 유리판(2)을 폭(W_1 및 W_2)이 큰 상태에서 할단하는 경우를 생각한다. 할단선(7)을 따라 할단 방향(3)으로 레이저 광(5)을 주사하면, 유리판(2)에는 레이저 광 조사에 의한 가열에 의해 상기한 원리에 의해 인장력이 발생하고, 유리판(2)은 레이저 광(5)의 주사 궤적을 따라 할단되어 간다. 도 11(a)에서는 이 변형을 과장해서 나타내고 있고, 할단 후의 유리의 실제의 이동은 몇 마이크로 정도이다.
- [0017] 이 때, 할단선(7)의 양측에 있어서의 유리판(2)의 폭(W_1 및 W_2)이 크면, 레이저 광(5)의 주사 속도가 현저하게 저하해버린다. 우선 유리판(2)을 할단시키기 위해서 필요한 인장 응력(F_0 및 F_1)은 상기한 변형에 대한 저항력을 이기지 않으면 안된다. 이 저항력은 유리판(2)의 면적에 작용하여, 유리판(2)의 폭(W_1 및 W_2)이 큰 경우에는 현저하게 증대한다. 유리판(2)의 할단은 큰 저항력에 저항하여 행해지지 않으면 안되므로, 레이저 광(5)의 주사 속도를 작게 하여 레이저 광(5)에 의한 가열량을 상대적으로 크게 할 필요가 있다.
- [0018] 이 결과, 레이저 광(5)의 주사 속도는 저속으로 하지 않을 수 없으므로, 할단 속도에는 자연히 한계가 있다. 이 경향은 할단선(7)의 위치와 유리판(2)의 단부의 거리가 클수록, 즉, 도 11(a)에 있어서의 할단 후의 유리판(2)의 폭(W_1 및 W_2)이 클수록 현저하다. 예를 들면, 할단 후의 유리판(2)의 폭(W_1 및 W_2)이 500mm의 거리인 경우에는, 레이저 광(5)의 주사 속도를 10mm/s 정도로 현저하게 작은 속도로 하지 않으면 풀 바디 할단할 수 없다.
- [0019] 다음에, 취성 재료의 풀 바디 할단의 또 하나의 결점인 취성 재료의 할단면이 할단 예정 위치에 대하여 만곡하는 사실에 대해서 설명한다. 도 11(a)에서 설명한 바와 같이, 할단선(7)을 따라 할단 방향(3)으로 레이저 광(5)을 주사했을 때의 할단은 유리판(2)에 작용하는 인장 응력(F_0 및 F_1)에 의해 연면 방향으로 행해진다. 이 때 양측에 대한 상기한 저항력에 불균형이 있는 경우에는 할단면이 할단 예정선에 대하여 만곡하려는 힘이 작용한다. 이 양태를 도 11(b)에 도시한다. 도 11(b)에 있어서, 폭(W_3)이 작은 경우에, 폭(W_3)측의 저항력이 작으므로 크게 만곡하고, 할단 후의 할단면이 활형상으로 휘어져서 만곡해 버리는 것을 나타낸다. 이 경향은 할단 후의 유리판(2)의 폭(W_1 및 W_3)이 불균형, 특히 한쪽의 폭(W_3)이 특히 작은 경우에 현저하다. 이 경우에도 상기한 것처럼, 위크의 변형은 실제의 몇마이크론 정도인 것보다 현저하게 과장하여 나타내고 있다.

과제의 해결 수단

- [0020] 본 발명은 이들 종래 기술의 과제를 해결하는 것으로, 레이저에 의한 열응력 할단이 가지는 고품질을 실현하면서, 할단 속도를 대폭 증가시키고 더불어, 할단면이 할단 예정선에 대하여 만곡하지 않고 곧은 직선상으로 풀 바디 할단시킬 수 있는 취성 재료의 분할 장치 및 할단 방법을 제공하는 것을 목적으로 하는 것이다.
- [0021] 본 발명에 관련된 취성 재료의 분할 장치는, 취성 재료에 상정된 할단 예정 선에 대하여, 그 할단 예정선 상에 형성된 초기 균열측으로부터 상기 할단 예정선을 따라 상기 취성 재료를 가열하고, 상기 할단 예정선을 따라 가열하는 위치를 상대적으로 이동시킴으로써 상기 취성 재료를 분할하는 취성 재료의 분할 장치로서, 상기 할단 예정선을 따라, 상기 취성 재료에 레이저 빔을 조사하여 가열 부분을 생성하는 레이저 빔 조사 수단과, 상기 할단 예정선을 따르는 이동 방향에 관해 상기 가열 부분의 후방의 위치에서 상기 취성 재료를 국소적으로 냉각하는 냉각 수단을 구비하고, 상기 레이저 빔 조사 수단은, 상기 가열 부분에, 상기 이동 방향의 전방에 위치하는 제1 레이저 빔 조사 영역을 형성하는 제1 빔 조사부와, 상기 가열 부분에, 상기 제1 레이저 빔 조사 영역의 상기 이동 방향의 후방에 있어서 상기 할단 예정선을 따라 가늘고 긴 형상의 제2 레이저 빔 조사 영역을 형성하는 제2 빔 조사부를 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [0022] 본 발명에 관련된 취성 재료의 분할 장치에 있어서, 상기 제1 빔 조사부에 의해 형성되는 제1 레이저 빔 조사 영역에 부여하는 레이저 파워는, 상기 제2 빔 조사부에 의해 형성되는 제2 레이저 빔 조사 영역에 부여되는 레이저 파워보다도 큰 것이 바람직하다. 이 구성에 의하면, 취성 재료를 분단하기 위해서 필요한 열 에너지를, 취성 재료에 대하여 효율적으로 부여할 수 있다.
- [0023] 또한, 본 발명에 관련된 취성 재료의 분할 장치에 있어서, 상기 제1 빔 조사부에 의해 형성되는 제1 레이저 빔 조사 영역의 레이저 파워 밀도는, 상기 제2 빔 조사부에 의해 형성되는 제2 레이저 빔 조사 영역의 레이저 파워 밀도보다도 낮은 것이 바람직하다. 이 구성에 의하면, 취성 재료의 표면이 용융하지 않고, 취성 재료를 분단하기 위해서 필요한 열 에너지를 부여할 수 있다.

- [0024] 또한, 본 발명에 관련된 취성 재료의 분할 장치에 있어서, 상기 제1 빔 조사부에 의해 형성되는 제1 레이저 빔 조사 영역의 위치는, 상기 제2 레이저 빔 조사 영역의 후단으로부터 떨어진 위치를 상기 냉각 수단에 의해 국소적으로 냉각하여 형성되는 냉각 위치에 대하여, 상기 할단 예정선을 따르는 방향의 거리가 가변이어도 된다. 이 구성에 의하면, 취성 재료 내부의 열 확산의 경시 상태를 변화시킬 수 있다.
 - [0025] 이 경우, 상기 제1 레이저 빔 조사 영역의 위치와 상기 냉각 위치의 거리는, 상기 취성 재료의 할단 속도 및 두께의 적어도 한쪽에 의거하여 설정되어도 된다. 이 구성에 의하면, 제1 레이저 빔 조사 영역에서 가열된 취성 재료가 냉각 개시되기까지의 시간, 및/또는, 열확산에 의한 온도 전도가 취성 재료의 이면에 이르기까지의 시간을 조정 설정할 수 있다.
 - [0026] 또한, 본 발명에 관련된 취성 재료의 분할 장치에 있어서, 상기 제1 레이저 빔 조사 영역의 형상이 대략 원형이어도 된다. 이 구성에 의하면, 제1 빔 조사부로부터 조사된 레이저 광을 그대로 또는 빔 직경을 바꾸는것만으로 사용할 수 있다.
 - [0027] 또한, 본 발명에 관련된 취성 재료의 분할 장치에 있어서, 상기 제1 레이저 빔 조사 영역의 형상이 대략 원형인 중앙부를 소정의 폭으로 분단한 형상이어도 된다. 이 구성에 의하면, 할단면의 직선성을 향상시킬 수 있다.
 - [0028] 이 경우, 상기 제1 레이저 빔 조사 영역을 형성하는 제1 레이저 빔은, 상기 제1 빔 조사부로부터의 레이저 광의 광로의 중앙부에 소정의 폭의 차폐물을 배치하여 생성되어도 된다. 이 구성에 의하면, 매우 간단한 방법으로 제1의 레이저 빔의 조사 영역 형상을 대략 원형인 중앙부를 소정의 폭으로 분단한 형상으로 할 수 있다.
 - [0029] 또한, 본 발명에 관련된 취성 재료의 분할 장치에 있어서, 상기 제2 레이저 빔 조사 영역을 형성하는 제2 레이저 빔은, 상기 제2 빔 조사부의 레이저 광원으로부터의 레이저 광을 회절 광학 소자 또는 평볼록 실린드릭 렌즈에 통과시켜서 정형하여 생성되어도 된다. 이 구성에 의하면, 매우 간단한 방법으로 제2의 레이저 빔의 조사 위치 형상을 비원형으로 할 수 있다.
 - [0030] 또한, 본 발명에 관련된 취성 재료의 분할 장치에 있어서, 취성 재료의 할단 예정선의 단부에 초기 균열을 형성하는 초기 균열 형성 수단을 더 구비하고, 상기 제1 빔 조사부 및 제2 빔 조사부를 상기 초기 균열의 위치로부터 상기 할단 예정선을 따라 이동시켜도 된다. 이 구성에 의하면, 취성 재료의 할단을 행하기 위한 균열 확대의 출발을 저역치로 행할 수 있다.
 - [0031] 또한, 본 발명에 관련된 취성 재료의 분할 장치에 있어서, 상기 레이저 빔 조사 수단은, 상기 제1 빔 조사부에 50% 이상의 레이저 파워를 분배하고, 상기 제2 빔 조사부에 50% 미만의 레이저 파워를 분배하는, 빔 스플리터를 포함해도 된다. 이 구성에 의하면, 1대의 레이저 빔 장치로 충분하여, 비용을 저감할 수 있다.
 - [0032] 본 발명에 관련된 취성 재료의 할단 방법은, 취성 재료의 할단 예정선을 따라 가열하고, 상기 취성 재료와 상기 가열하는 위치를 상기 할단 예정선을 따라 상대적으로 이동시켜서 상기 취성 재료를 할단하는 취성 재료의 할단 방법으로서, 상기 할단 예정선 상의 취성 재료 단부에 초기 균열을 형성하고, 상기 초기 균열을 시점으로 하여 상기 취성 재료의 가열을 제1의 레이저 빔 및 제2의 레이저 빔으로 행하고, 상기 제1의 레이저 빔은 상기 제2의 레이저 빔에 대하여 상기 할단 예정선을 따르는 이동 방향의 전방에 위치하는 빔이며, 상기 제2의 레이저 빔은 상기 할단 예정선을 따르는 가늘고 긴 형상의 빔이며, 상기 제2의 레이저 빔의 후단으로부터 소정위치만큼 떨어진 위치를 국소적으로 냉각하는 것을 특징으로 한다.
- 발명의 효과**
- [0033] 본 발명에 있어서의 제1 및 제2 레이저 빔에는, 예를 들면, 일반적으로 표면 레이저 스크라이브에 사용되는 CO₂ 레이저를 사용할 수 있다. 제2 레이저 빔에 의한 취성 재료의 할단 시에 제1 레이저 빔에 의해 할단 예정 위치의 전방을 가열함으로써 제2 레이저 빔에 의한 열 에너지가 취성 재료의 두께 방향으로 효율적으로 열전도하고, 그 후 소정 위치를 냉각함으로써 냉각 위치 직하에서 취성 재료의 이면에까지 달하는 균열이 발생한다. 따라서, 제1 빔 조사부, 제2 빔 조사부 및 냉각 수단을 취성 재료의 할단 예정 위치를 따라 상대적으로 이동시킴으로써, 제1 및 제2 레이저 빔에 의한 가열, 그에 연속되는 냉각에 의해 취성 재료를 할단 예정 위치를 따라 풀 바디 할단시킬 수 있다.
 - [0034] 이와 같이 하여 본 발명에 의하면, 레이저에 의한 열응력 할단이 가지는 고품질을 실현하면서, 취성 재료의 풀 바디 할단 속도를 종래 기술에 비교하여 대폭 증가시킬 수 있다. 또한, 레이저에 의한 열 응력만으로 취성 재료를 가공 길이의 거의 전체 길이에 걸쳐 분리시킬 수 있으므로, 브레이크 공정에 따른 칼리트 발생을 대폭 억

제할 수 있다. 또한, 할단면이 할단 예정선에 대하여 만족하지 않고 곧은 직선상으로 할단시킬 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0035]

도 1은 본 발명에 의한 취성 재료의 할단 방법의 원리를 설명하기 위한 레이저 빔의 위치 관계 및 온도 특성을 나타내는 개념도로, (a)는 제1의 레이저 빔의 조사 위치, 제2의 레이저 빔의 조사 위치 및 냉각 위치의 상호 위치 관계를 나타내는 개념적 평면도, (b)는 도 1(a)에 있어서의 제1의 레이저 빔 및 제2의 레이저 빔에 의한 가열을 유리 기관 표면에 있어서 중첩했을 때의 온도 프로파일을 나타내는 도면, (c)는 도 1(a)에 있어서의 제1의 레이저 빔 및 제2의 레이저 빔의 위치 어긋남에 의한 현상을 설명하는 개념적 평면도이다.

도 2는 본 발명에 의한 취성 재료의 할단 방법의 원리를 설명하기 위한 주요부의 개념적 사시도이다.

도 3은 본 발명에 의한 취성 재료의 할단 방법의 실시예 1에 있어서의 할단 장치의 구성을 나타내는 개념도이다.

도 4는 본 발명에 의한 취성 재료의 할단 방법의 원리를 상세하게 설명하기 위한 주요부의 단면 개념도로, (a)는 횡단면 개념도, (b)는 도 4(a)의 A-A' 선 단면도이다.

도 5는 본 발명에 의한 취성 재료의 할단 방법에 의해 할단된 유리 기관의 할단면을 설명하는 사시도이다.

도 6은 본 발명에 의한 취성 재료의 할단 방법의 실시예 2에 있어서의 할단 장치의 구성을 나타내는 개념도이다.

도 7은 본 발명에 의한 취성 재료의 할단 방법의 실시예 2에 있어서의 레이저 빔의 위치 관계 및 온도 특성을 나타내는 개념도로, (a)는 제1의 레이저 빔의 조사 위치, 제2의 레이저 빔의 조사 위치 및 냉각 위치의 상호 위치 관계를 나타내는 개념적 평면도, (b)는 도 7(a)에 있어서의 제1의 레이저 빔 및 제2의 레이저 빔에 의한 가열을 유리 기관 표면에 있어서 중첩했을 때의 온도 프로파일을 나타내는 도면이다.

도 8은 본 발명에 의한 취성 재료의 할단 방법의 실시예에 있어서의, 두께 0.7mm의 논 알칼리 유리의 편면에 초기 열량을 가한 경우에, 유리 내부의 온도 변화의 모습을 경시적으로 플롯한 온도 분포 그래프이다.

도 9는 레이저 할단 방법의 열응력 발생 원리를 설명하기 위한, 원점에 중심을 둔 가우시안 분포의 온도 상승이 있는 경우에 있어서의 반경방향 응력성분(σ_x)과 접선방향 응력성분(σ_y)의 변화를 나타내는 특성도이다.

도 10은 종래의 유리의 레이저 할단 방법을 설명하는 개념적 사시도로, (a)는 표면 스크라이브, (b)는 풀 컷인 경우의 모식도이다.

도 11은 종래의 유리의 레이저 할단 방법에 있어서의 사이즈 효과를 설명하는 개념적 사시도로, (a)는 유리관의 양측의 할단폭이 큰 경우, (b)는 유리관의 편측의 할단폭이 작은 경우를 나타내는 도면이다.

도 12는 두께 0.7mm의 논 알칼리 유리를 사용한, 풀 바디 할단의 가공 실험 결과를 나타내는 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0036]

이하, 도면과 함께 본 발명의 원리 및 실시 형태에 대해서 상세하게 설명한다. 이하의 설명에서는 취성 재료로서 유리 기관을 예로 설명한다.

[0037]

도 3은, 본 발명의 일 실시 형태인 유리 기관 풀 컷 장치의 구성을 모식적으로 도시한 것이다. 유리 기관(11)은 가동식 테이블(32) 상에 재치되고, 가동식 테이블(32)은 X-Y 구동 장치에 의해 X-Y 평면에 있어서 이동한다. 도면에 있어서는, 유리의 이동 방향인 Y축 구동용의 서보 모터(33)와 샤프트축만이 나타나 있고, X축 구동계는 도시가 생략되어 있다.

[0038]

유리를 가열하기 위한 레이저 발전기는, 본 실시 형태에 있어서는 CO₂ 레이저(21)와 CO₂ 레이저(25)의 2대가 이용되고 있다. CO₂ 레이저(21)로부터 출사되는 레이저 빔(22)은, 반사경(23)에 의해 연직 하방으로 반사되고, 집광 렌즈(24)를 통해서 소정의 빔 직경이 되도록 정형된다. 또한, 집광 렌즈(24)를 통과한 빔은, 그대로 유리 기관(11)의 표면에 조사되는데, 경우에 따라서는, 빔 감쇠부로서의 빔 차폐물(35)(도 6 참조)을 빔 전송 경로 상에 배치함으로써 빔의 형상을 부분적으로 변형시키는 것도 행해진다. 어쨌든, 레이저 빔(22)에 의해, 유리 기관(11) 상에 제1 레이저 빔에 의한 제1 빔 조사 영역이 형성된다. 유리 기관(11) 상에 있어서의 제1 빔 조사 영역이 어느 위치에 형성되는지는, 반사경(23)의 반사 각도를 움직여 위치 조정된다. 도 3에 있어서는, 반사경

(23)의 반사 각도가 90° 가까이 설정되어 있는데, 동 각도를 약 80° 부터 110° 까지 움직여, 동시에 집광 렌즈 (24)의 위치를 얼라이먼트함으로써 제1 빔 조사 영역의 위치 조정이 행해진다. 혹은, 반사경(23)과 집광 렌즈 (24)의 상대 위치를 고정하는 1개의 유닛을 조합하고, 그 유닛을 레이저 빔(22)의 광축 방향을 따라 수평으로 이동함에 의해서도 제1 빔 조사 영역의 위치 조정이 가능해진다.

[0039] CO₂ 레이저(25)로부터 출사되는 레이저 빔(26)은, 빔 익스팬더(expander)(27)를 경유하여, 반사경(28)에 의해 연직 하방으로 반사된다. 빔 직경 $\phi 4\text{mm}$ 의 레이저 빔(26)이, 빔 익스팬더(27)를 통과함으로써, 빔 직경이 약 4 배로 확대되어, $\phi 16\text{mm}$ 의 빔으로 된다. 확대된 빔은, 회절 광학 소자(29)를 통과함으로써, 가늘고 긴 빔으로 정형되고, 유리 기관(11) 상에서 제2의 레이저 빔에 의한 제2 빔 조사 영역을 형성한다.

[0040] 제2의 레이저 빔에 의한 제2 빔 조사 영역의 후방에는, 냉각 장치(30)가 설치된다. 냉각 장치(30)로는, 2통관 식의 냉각 노즐을 사용하고, 내측 원통관으로부터 물을, 외측 원통관으로부터 공기를 분사시킨다. 물과 공기의 혼합 매체가 유리를 향해서 분사됨으로써, 유리 기관(11) 상에 냉각점이 형성된다. 제1의 레이저 빔의 전방에는, 초기 균열 형성 장치(31)가 설치된다. 초기 균열 형성 장치(31)는, 하단부에 다이아몬드 컷터를 구비하고, 그 다이아몬드 컷터를 상하로 움직이는 승강 기구를 가지고 있다. 승강 기구와 Y축 구동용의 서보 모터(33)의 연동에 의해, 유리 기관(11)의 단부에 초기 균열을 형성할 수 있다.

[0041] 또한, 본 실시 형태에 있어서는, 2대의 CO₂ 레이저를 사용하고 있는데, 1대의 CO₂ 레이저만을 사용하여, 빔 전송 경로 상에 빔 스플리터를 배치하고, 2경로로 나뉘는 빔 전송을 행해도 된다. 이 경우에, 빔 스플리터에 의한 에너지의 분배율은, 전방을 조사하는 제1의 레이저 빔측에 50% 이상의 에너지를 분배하고, 후방을 조사하는 제2의 레이저 빔측에는 50% 미만의 에너지가 분배되도록 한 쪽이 바람직하다.

[0042] 도 1(a)는 본 발명에 의한 취성 재료의 할단 방법의 원리를 설명하기 위한 유리 기관 표면에 있어서의 제1의 레이저 빔의 조사 위치, 제2의 레이저 빔의 조사 위치 및 냉각 위치의 상호 위치 관계를 나타내는 개념적 평면도, 도 1(b)는 도 1(a)에 있어서의 제1의 레이저 빔 및 제2의 레이저 빔에 의한 가열을 유리 기관 표면에 있어서 중첩했을 때의 온도 프로파일을 나타내는 도면, 도 1(c)는 도 1(a)에 있어서의 제1의 레이저 빔 및 제2의 레이저 빔의 위치 어긋남에 의한 현상을 설명하는 개념적 평면도이다. 도 2는 본 발명에 의한 취성 재료의 할단 방법의 원리를 설명하기 위한 주요부의 개념적 사시도이다.

[0043] 본 발명에 의한 취성 재료의 할단 방법의 기본 원리는, 도 1(a)에 도시하는 바와 같이, 유리 기관(11)의 할단 예정선(12)을 따라, 할단의 전방으로부터 제1 빔 조사 영역(13), 제2 빔 조사 영역(14) 및 냉각점(또는 냉각 위치)(15)을 순서대로 배치하는 것이다.

[0044] 도 3에 도시하는 바와 같이, 제1 빔 조사 영역(13)은 CO₂ 레이저(21)로부터의 레이저 빔(22)을 반사경(23)에서 소정 방향으로 반사시키고, 집광 렌즈(24)를 통하여 소정의 빔 직경으로 조정하여 생성하고, 그 단면 형상은 원형 또는 타원형이며, 본 명세서 및 특허청구의 범위를 통해서 이들을 대략 원형으로 총칭한다. 제1 빔 조사 영역(13)은 유리 기관(11)에 국소적으로 가열만이 발생하고, 용융이나 크랙이 발생하지 않을 정도의 강도의 레이저 빔이다.

[0045] 제2 빔 조사 영역(14)은 제1 빔 조사 영역(13)의 후방에 위치하고, 그 단면 형상은 유리 기관(11)의 할단 예정선(12)을 따르는 방향으로 가늘고 긴 형상으로 정형된다. 즉, 제2 빔 조사 영역(14)은 도 1(a)에 도시하는 바와 같이 유리 기관(11)의 할단 예정선(12)을 따르는 방향의 길이(a)가 그 직각 방향인 폭방향의 길이(b)보다도 긴 비원형의 빔이다. 가늘고 긴 비원형의 빔에 있어서의 할단 예정선(12)을 따르는 길이 방향의 길이(a)의 폭 방향의 길이(b)에 대한 비(a/b)는 26~30정도인 것이 바람직하다.

[0046] 이러한 가늘고 긴 비원형의 빔은, CO₂ 레이저(25)로부터의 레이저 빔(26)을 빔 익스팬더(27)로 소정 배율의 직경으로 확대하고, 반사경(28)에서 소정 방향으로 반사시킨 후, 회절 광학 소자 또는 평볼록 실린드릭 렌즈와 같은 빔 정형 수단(29)에 통과시켜 정형함으로써 생성된다. 제2 빔 조사 영역(14)도 유리 기관(11)에 국소적으로 가열만이 발생하고, 용융이나 크랙이 발생하지 않을 정도의 강도의 레이저 빔이다.

[0047] 다음에 동작을 설명한다. 도 2에 있어서, 우선, 유리 기관(11)의 할단 예정선(12)의 단부에 초기 균열 형성 장치(31)에 의해 초기 균열(16)을 형성한다. 이 초기 균열(16)이 유리 기관(11)의 할단의 출발 위치이다. 다음에, 테이블(32) 상에 재치된 유리 기관(11)을 Y축 구동용의 서보 모터(33)에 의해 Y방향으로 이동시키고, 유리 기관(11)의 할단 예정선(12)의 출발 위치에 상당하는 초기 균열(16)의 방향으로부터 유리의 가열을 개시한다. 도 1(a)에 도시한 바와 같이, 제1 빔 조사 영역(13), 제2 빔 조사 영역(14) 및 냉각점(15)의 열 방향은 일직선

상에 나란히 배치되어 있으므로, 할단 예정선(12)의 방향에 일치하여 이동 가능하게 되어 있다. 이 때, 도 1(c)와 같이, 조정 부족에 의해, 유리 기관(11)의 할단 예정선(12)에 대하여 제1 빔 조사 영역(13)의 중심 위치와 제2 빔 조사 영역(14)의 중심 위치가 미소값 Δd 만큼 어긋나 있으면, 분할된 유리 단면의 면 품질이 열화하므로, 제1 빔 조사 영역(13)의 중심 위치와 제2 빔 조사 영역(14)의 중심 위치가 할단 예정선(12)에 대하여 어긋나지 않도록 정확하게 위치 조정되는 것이 필요하다.

[0048] 다음에, 유리 기관(11)에 형성된 초기 균열(16)의 위치와 제1 빔 조사 영역(13), 제2 빔 조사 영역(14) 및 냉각점(15)의 열 방향이 일치한 상태에서 제1의 레이저 빔 및 제2의 레이저 빔을 조사시키면서 냉각 장치(30)로부터 냉매를 분사시켜, 테이블(32) 상에 재치된 유리 기관(11)을 서보 모터(33)에 의해 Y방향으로 이동시키면, 테이블(32) 상에 재치된 유리 기관(11)의 할단 예정선(12)을 따라 제1 빔 조사 영역(13), 제2 빔 조사 영역(14) 및 냉매에 의한 냉각점(15)의 열이 상대적으로 이동하여 할단 작용이 개시된다.

[0049] 본 발명에 의한 취성 재료의 할단 방법의 기본 원리는, 도 1(a)에 도시하는 바와 같이, 유리 기관(11)의 할단 예정선(12)을 따라, 할단의 전방으로부터 제1 빔 조사 영역(13), 제2 빔 조사 영역(14) 및 냉각점(15)을 순서대로 배치하는 것이다. 제1 빔 조사 영역(13)은 유리 기관(11)의 할단의 최전부를 예열하고, 그 위치를 후속하는 제2 빔 조사 영역(14)에 의해 가열하여 할단 개시 직전의 상태로 한다. 도 1(b)는 이 때의 유리 기관(11) 표면에 있어서의 온도 프로파일이다. 즉, 제1 빔 조사 영역(13)에 의한 온도 프로파일(131)에 제2 빔 조사 영역(14)에 의한 온도 프로파일(141)이 중첩하고, 유리 기관(11)의 표면에 있어서의 제2 빔 조사 영역(14)이 조사된 위치가 할단 개시 직전의 고온으로 가열된다. 이 가열에 의한 열은 유리 기관(11)의 두께 방향으로 열전도한다.

[0050] 대략 원형의 제1 빔 조사 영역(13)에서 예열되고, 가늘고 긴 제2 빔 조사 영역(14)에서 가열된 상태의 유리 기관(11)에 냉각 장치(30)로부터 냉매가 분사되면, 도 2에 도시하는 바와 같이, 냉각점 직하에서 초기 균열(16)로부터 확대된 균열이 유리 기관(11)의 깊이 방향으로 진행하고, 그 균열이 유리 기관(11)과 제1 빔 조사 영역(13), 제2 빔 조사 영역(14) 및 냉각점(15)의 열의 Y방향으로의 상대 이동에 따라서 또한 유리 기관(11)의 할단 예정선(12)을 따라 진행된다. 이 결과, 유리 기관(11)의 전체 판 두께에 걸쳐서 할단면(17)이 발생한다.

[0051] 이 모습을 도 4에 의해 더욱 상세하게 설명한다. 도 4는 도 2에 있어서의 본 발명에 의한 취성 재료의 할단 방법의 원리를 상세하게 설명하기 위한 주요부의 단면 개념도로, (a)는 횡단면 개념도, (b)는 도 4(a)의 A-A' 선 단면도이다.

[0052] 제1 빔 조사 영역(13), 제2 빔 조사 영역(14) 및 냉각점(15)의 열(列)을 유리 기관(11)에 대하여 Y방향으로 조사시키면, 유리 기관(11)은 우선 제1 빔 조사 영역(13)에서 가열되고, 그 가열에 의한 열은 Y방향으로의 주사에 따라서 유리 기관(11)의 이면 방향으로 열전도하여 유리 기관(11) 내에 가열 영역(130)이 형성된다. 다음에, 유리 기관(11)은 제2 빔 조사 영역(14)에서 가열되고, 그 가열에 의한 열은 Y방향으로의 주사에 따라서 유리 기관(11)의 이면 방향으로 열전도하여 유리 기관(11) 내에 가열 영역(140)이 형성된다. 제2 빔 조사 영역(14)의 후부에 있어서의 냉각점(15)에 의한 냉각은 마찬가지로 유리 기관(11)의 Y방향으로의 주사에 따라서 유리 기관(11)의 이면 방향으로 열전도하여 유리 기관(11) 내에 냉각 영역(150)이 형성된다.

[0053] 이 결과, 냉각점(15)의 직하(直下)에 있어서의 유리 기관(11)의 열 분포는 도 4(b)와 같이 되고, 유리 기관(11)은 제1 빔 조사 영역(13)에 의해 이면 부근까지 가열되어 있는 가열 영역(130)과 그에 연속되는 제2 빔 조사 영역(14)에 의해 가열되어 있는 가열 영역(140)에 대하여 냉각점(15)에 의한 냉각이 작용하고, 냉각점 직하에서 균열이 유리 기관(11)의 깊이 방향으로 진행하고, 유리 기관(11)의 이면까지 도달하여 전체 판두께 방향에 걸쳐서 할단된다. 이 현상이 유리 기관(11)의 Y방향으로의 주사에 따라서 유리 기관(11)의 할단 예정선(12)을 따라 진행되고, 할단 예정선(12)을 따라 유리 기관(11)의 이면까지 도달한 할단이 진행된다.

[0054] 도 8은, 유리의 두께 방향에 대한 온도 분포를 나타낸 그래프이다. 전술의 도 4(a)를 이용한 설명에 있어서는, 유리의 두께 방향으로의 열 전파의 모습에 대해서, 유리의 표면으로부터 이면을 향하고, 열이 일차 함수적으로 일정한 속도로 단순하게 전파하는 것으로 설명했다. 그러나, 유리 내부의 열의 전파는, 실제로는, 열 확산 방정식에 의거하여 계산되어야 하므로, 동 방정식을 논 알칼리 유리에 적용하여 계산한 결과를 하나 예시한다.

[0055] 도 8의 그래프는, 두께 0.7mm이고, 무한대의 크기의 논 알칼리 유리의 편면에 20J/cm²의 균일한 열 분포를 가한 것으로 상정한 경우에, 두께 방향의 온도 분포가 어떻게 변화되는지를 계산하고, 그 결과를 그래프로 한 것이다. 그래프의 가로축은 열 전파의 깊이, 즉 유리의 두께(mm)를 나타내고, 세로축은 온도 상승, 즉 유리가 초기 상태에서부터 어느 만큼 온도가 상승하는지를 나타내고 있다. 그래프 내에 복수의 곡선이 기재되어 있는 것

은, 초기 가열된 후의 경과 시간을 파라미터로서 상태 변화시켜, 복수의 그래프를 겹쳐서 표시하고 있기 때문이다.

[0056] 유리의 편면에 $20\text{J}/\text{cm}^2$ 의 열량을 초기적으로 가하는것만으로, 가열된 유리면은 순간적으로 400°C 를 넘는데, 그 후 급격하게 유리의 표면 온도는 저하한다. 가열면측이 온도 저하함과 동시에, 가열이 없는 이면측에는 표면으로부터의 열이 전해지므로 온도 상승이 일어나, 100°C 를 조금 넘는 정도로 된다. 경과 시간의 파라미터는, 1.0 초까지의 시간 중에서 10개를 샘플링하여 계산되어 있고, 경과 시간이 짧은 쪽부터, $T_1=30\text{msec}$, $T_2=40\text{msec}$, $T_3=50\text{msec}$, $T_4=75\text{msec}$, $T_5=100\text{msec}$, $T_6=200\text{msec}$, $T_7=300\text{msec}$, $T_8=400\text{msec}$, $T_9=700\text{msec}$, $T_{10}=1000\text{msec}$ 이다. 이 그래프로부터 알 수 있는 것은, T_1 즉 30msec 후에는, 두께 0.7mm 의 유리의 표면과 이면에서 400°C 의 큰 온도차가 있지만, T_6 즉 200msec 후에는 온도차 50°C 정도로 완화되는 것이다. 또한, T_7 즉 300msec 후에는 온도차 30°C 약으로 되고, 표면과 이면은 대강 같은 온도로 되어 있다고 할 수 있다.

[0057] CO_2 레이저를 이용한 본 실시 형태에 있어서는, 진행 방향의 전방에 조사되는 제1의 레이저 빔에 의해 공급되는 열 에너지가 유리의 이면까지 전과함으로써, 풀 바디 할단을 하기 위한 에너지원으로서 활용되는 것에 특징이 있다. 그러한 풀 바디 할단이 행해지기 위해서는, 유리 표면에서 흡수된 열 에너지가, 어느정도 유리 내에서 균등하게 열 확산하는 것이 필요하다. 그러면, 할단 예정선을 따라, 냉각점과 제1의 레이저 빔의 조사 영역의 사이에, 어느 정도의 거리(L)를 설정할지가 하나의 중요 항목이 된다. 여기에서, 유리의 이동 속도를 V로 하고, 제1의 레이저 빔에 의해 조사된 유리 표면이 냉각점 아래까지 이동하는데 걸리는 이동 시간을 τ 로 하면, $L=V \cdot \tau$ 의 관계가 성립한다. 전술한 바와 같이, 유리의 표면과 이면의 온도가 대강 같아지는데는, 200부터 300msec 의 시간이 필요하다. 즉, 유리의 이동 속도가 $180\text{mm}/\text{s}$ 이면, 200msec 의 경과 시간에는 36mm , 그리고 300msec 의 경과 시간에는 54mm 의 거리를 이동한다. 따라서, 냉각점과 제1의 레이저 빔의 조사 영역의 사이의 거리(L)는, 적어도 36mm , 바람직하게는 54mm 이상의 거리를 설정할 필요가 있다.

[0058] 이와 같이, 냉각점과 제1의 레이저 빔의 조사 영역의 사이에 어느 정도의 거리(L)를 설정하면 되는지는, 유리의 이동 속도나 유리의 두께에 의존하고 있다. 더욱 상세하게는, 유리 내부의 열확산 속도에 관계되는 물리 정수, 즉, 유리의 열전도율, 비열, 밀도에도 관계된다. 또한, 유리의 이면에 있어서의 경계 조건에도 관계된다. 즉, 유리의 이면이 금속 테이블에 밀착하는 수단으로 고정되어 있는지, 그렇지 않으면 공기 중에 뜨게 하는 수단으로 고정되어 있는지에도 영향을 받는다.

[0059] 본 실시 형태에 있어서는, 냉각점 직하에서 초기 균열(16)로부터 확대된 균열은 본질적으로 유리 기관(11)의 깊이 방향으로 진행되므로, 유리 기관(11)의 연면 방향에 작용하는 인장 응력에 불균형이 생기지 않고, 할단면(17)이 할단 예정선(12)에 대하여 만곡하지 않는다. 또한, 레이저에 의한 열응력만으로 균열을 진행시켜서 형성되는 할단면(17)에는 마이크로 크랙 발생이 없고, 분단후의 유리 기관(11)의 기계 강도도 높다.

[0060] 초기 균열(16)과는 반대측의 할단 예정선(12) 상의 단부에 있어서는, 유리를 풀 바디 할단하는데 충분한 인장 응력이 상실되어 버리기 때문에, 풀 바디의 할단면이 반대측의 단부에 근접하면 할단(17)은 정지한다. 이 때, 도 5에 도시하는 바와 같이, 유리 기관(15)의 단부에 할단면(17)이 발생하지 않는 영역(18)이 남는다. 이 영역(18)에는 할단면(17)은 생기지 않지만, 표면에는 스크라이브 흠(19)이 형성된다. 따라서, 필요하면 간단한 브레이크 수단을 이용함으로써 유리를 완전히 분단할 수 있다. 이 경우, 유리 기관(11)은 가공 길이의 거의 전 길이에 걸쳐 이미 풀 바디 할단되어 있으므로, 브레이크 공정에 따른 컬리트 발생을 대폭 억제할 수 있다.

[0061] 실시예 1

[0062] 도 3에 도시하는 유리 분단 장치에 있어서, 제1 빔 조사 영역(13)에서는, 출력 165W 의 CO_2 레이저(21)로부터의 레이저 빔(22)을 반사경(23)에서 연직 하방으로 반사시켜, 집광 렌즈(24)를 통해서 집광했다. 그 결과, 유리 기관(11) 상에는, 빔 직경 15mm 의 가우시안 분포에 가까운 원형 빔 조사 영역이 형성된다. 제2 빔 조사 영역(14)에서는, CO_2 레이저(25)로부터 출력 98W , 빔 직경 4mm 의 레이저 빔(26)을 이용했다. 그 레이저 빔(26)은, 빔 익스팬더(27)를 경유함으로써, 빔 직경 16mm 로 확대되고, 다시 반사경(28)에 의해 연직 하방으로 전송된다. 빔 직경 16mm 의 레이저 빔이 회절 광학 소자(29)를 통과하면, 유리 기관(11) 상에 있어서, 길이(a)가 26mm , 폭(b)이 1mm 인 가늘고 긴 빔이 형성된다.

[0063] 이와 같이, 제1 빔 조사 영역(13)에는 제1의 레이저 빔에 의해 165W 가 부여되고, 제2 빔 조사 영역(14)에는 제2의 레이저 빔에 의해 98W 가 부여된다. 즉, 유리 기관(11) 상에 있어서 빔 전송의 손실을 고려해도, 제1 빔 조사 영역(13)에 부여되는 열 에너지는 제2 빔 조사 영역(14)에 부여되는 열 에너지보다도 크게 설정된다.

- [0064] 또한, 레이저 파워 밀도에 관해서, 제1 레이저 조사 영역(13)의 레이저 파워 밀도는 0.93W/mm²이며, 제2 레이저 조사 영역(13)의 레이저 파워 밀도는 3.77W/mm²이다. 즉, 제1 빔 조사 영역(13)의 레이저 파워 밀도는 제2 레이저 조사 영역(13)의 레이저 파워 밀도보다도 낮게 설정된다.
- [0065] 유리 기관(11)으로는, 두께 0.7mm, 전 길이 580mm의 논 알칼리 유리를 사용했다. 냉각 장치로는, 2통관식의 냉각 노즐을 사용하고, 내측 원통관으로부터 물을, 외측 원통관으로부터 공기를 분사시켰다. 제2 빔 조사 영역(14)의 후단과 냉각점(15)의 거리는 5mm로 설정했다. 유리 기관(11)과 제1 빔 조사 영역(13), 제2 빔 조사 영역(14) 및 냉각점(15)의 열과의 상대 이동 거리, 즉 유리의 할단 가공 속도를 180mm/s로 하여 가공을 행했다. 이 결과, 유리 기관(11)의 종단부 약 40mm를 제외한 540mm의 길이에 걸쳐서 풀 바디 할단이 가능해졌다. 이 때의 할단의 직선성 정밀도는 ±250 μ m 이내였다. 동일한 조건으로, 폭 290mm, 길이 580mm의 동 유리를 단면으로부터 15mm 떨어진 위치를 할단하는 경우에 있어서도, 직선성 정밀도는 ±250 μ m이며, 소위 사이즈 효과에 의한 만곡의 영향은 없었다.
- [0066] 제1 빔 조사 영역(13)의 빔 직경을 10mm~16mm, 제2 빔 조사 영역(14)의 후단과 냉각점(15)의 거리를 3~7mm로 변화시킨 바, 거의 동일한 할단 결과가 얻어졌다. 또한, 주사 속도는, CO₂ 레이저(21, 25)의 파워를 올림과 동시에, 냉각점과 제2 빔 조사 영역(14)의 거리 및, 제2 빔 조사 영역(14)과 제1 빔 조사 영역(13)의 거리를 늘림으로써, 더욱 속도 증가가 가능한 것이 확인되었다. 또한, 가늘고 긴 비원형의 제2 빔 조사 영역(14)의 길이(a)와 폭(b)에 대한 비율(a/b)을 26~30의 범위에서 변화시켜도, 거의 같은 할단 결과가 얻어졌다.
- [0067] 실시예 2
- [0068] 도 6은, 실시예 2에 있어서의 취성 재료의 할단 장치를 도시하는 개념도이다. 도 7에는 가열을 위한 빔 프로파일이 나타나 있다. 이 빔 프로파일은, 도 7에 도시하는 유리 분단 장치에 있어서, 제1 빔 조사 영역(13)의 집광 렌즈(24)로부터의 출력 빔의 중앙부를 소정의 폭의 빔 차폐물(35)로 차폐함으로써 얻어지는 빔 프로파일이다. 예를 들면, 빔이 전송되는 빔 경로 상에 직경 ϕ 2mm의 금속봉을 배치한다. 그러면 제1의 레이저 빔의 일부분은, 금속봉에 차광되므로, 유리 기관 상에는 소위 그림자의 부분이 투영되기 때문에, 그 부분은 가열되지 않는다. 실시예 2에 있어서는, 제1 빔 조사 영역(130)의 형상이 도 7(a)와 같이 대략 원형의 중앙부를 소정의 폭(w)으로 분단한 형상이 된다. 제1 빔 조사 영역(130)에 있어서의 소정폭(w)의 차단 부분(133)이, 제2 빔 조사 영역(14)의 빔 폭(e)보다도 조금 커지도록 설정하면, 유리의 표면에 있어서는, 제1 빔 조사 영역(130)에 의한 가열 영역과, 제2의 레이저 빔에 의한 가열 영역이 겹치는 부분이 존재하지 않게 된다. 따라서, 제1 빔 조사 영역(13) 및 제2 빔 조사 영역(14)에 의한 유리 기관 표면에 있어서의 온도 프로파일은, 도 7(b)와 같이 되고, 할단 예정선 상을 가열하는데 이용되는 열 에너지(141)와, 할단 예정선을 사이에 둔 양측의 부분을 가열하는 열 에너지(131)를 분별할 수 있다.
- [0069] 본 실시예 2에 있어서의 할단의 프로세스는 본질적으로 실시예 1의 경우와 동일하고, 실시예 1과 마찬가지로 풀 바디 할단이 가능했다. 또한, 실시예 1에 있어서는, 할단 예정선 상을 가열하기 위한 열 에너지가, 제1의 레이저 빔이 할단 예정선 상을 조사하는 레이저 빔과, 제2 빔 조사 영역(14)이 중첩된 열 에너지로서 공급된다. 그러나, 이 실시예 2에 의하면, 할단 예정선 상을 가열하기 위한 열 에너지가 제1의 레이저 빔(14)만으로 공급되므로, 조사하는 레이저 파워의 설정이 용이해진다. 그 결과로서 직선성 정밀도가 향상된다고 하는 이점이 있고, 전체 길이 540mm에 걸쳐서 ±100 μ m 이내의 정밀도로 풀 바디 할단이 가능해졌다.
- [0070] 도 12는, 도 3에 도시하는 가공 장치의 구성에 있어서 유리 할단 실험한 경우에, 풀 바디 할단이 달성될지 여부의 결과를 정리한 것이다. 빔 프로파일로는, 도 1(a)에 도시하는 대략 원형의 제1 빔 조사의 방법을 이용했다. 사용한 유리는, 두께 0.7mm의 논 알칼리 유리이다. 가공의 순서로서, 외형의 폭 550mm이고 가공 방향 길이 290mm의 유리를 한쪽의 단면으로부터 일정한 간격(30mm)으로, 긴 직사각형상으로 나누어자르는 수법을 채용했다.
- [0071] 도 12의 표 중의 기재로부터 알 수 있는 바와 같이, 제1 빔 조사 영역에 조사되는 레이저 파워(P1)를, 제2 빔 조사 영역에 조사되는 레이저 파워(P2)보다도 크게 설정한 경우에는, 풀 바디 할단이 양호한 상태로 달성된다(가공 조건 #1, #5, #6, #9, #10, #11 참조). 레이저 파워(P1)를 레이저 파워(P2)와 실질적으로 동일하게 설정한 경우에는, 유리 종단부의 나머지의 길이가 다소 길어지는 경향이 있다(가공 조건 #2, #7 참조). 한편, 레이저 파워(P1)가 레이저 파워(P2)보다도 작은 경우에는, 풀 바디 할단이 달성되지 않거나, 또는 유리 종단부의 나머지의 길이가 길어지거나, 또는 할단면의 면 품질이 열화하는 등, 바람직하지 못한 가공 결과가 얻어졌다(가공 조건 #3, #4, #8 참조). 특히, 빠른 가공 속도(예를 들면 200mm/s 이상)를 달성하기 위해서는, 레이저 파워

(P1)를 레이저 파워(P2)보다도, 훨씬 크게 설정하는 것이 유효하다고 판명되었다(가공 조건 #9, #10, #11 참조). 또한, 가공 속도(V)를 230mm/s로 한 경우에 있어서, 냉각 위치와 제1 빔 조사 영역의 거리(L)는 95mm로 설정했다. 이들 수치를 $L = V \cdot \tau$ 의 관계식에 대입하면, $\tau = 413(\text{msec})$ 의 값이 얻어진다. 이 값 τ 은, 제1의 레이저 빔의 조사에 의해 가열된 유리 표면이 냉각 위치까지 이동하는데 걸리는 경과 시간을 나타낸다. 한편, 전술의 도 8에 나타난 시뮬레이션 결과의 그래프에서는, 그래프가 평탄한 상태로 되고, 열 평형에 도달하기까지의 시간은, 200msec 혹은 300msec 이상의 경과 시간이 필요하다고 하는 고찰 결과가 얻어진다. 이 경과 시간 $\tau = 413(\text{msec})$ 이라는 값은 300msec 이상의 값이므로, 도 8에 의거하는 고찰 결과와 모순되지 않는다. 즉, 냉각 위치와 제1 빔 조사 영역의 거리(L)는, 가공 속도(V)가 보다 빨라지면, 그에 따라 거리(L)를 보다 길게 설정한 쪽이 좋은 것이 판명되었다.

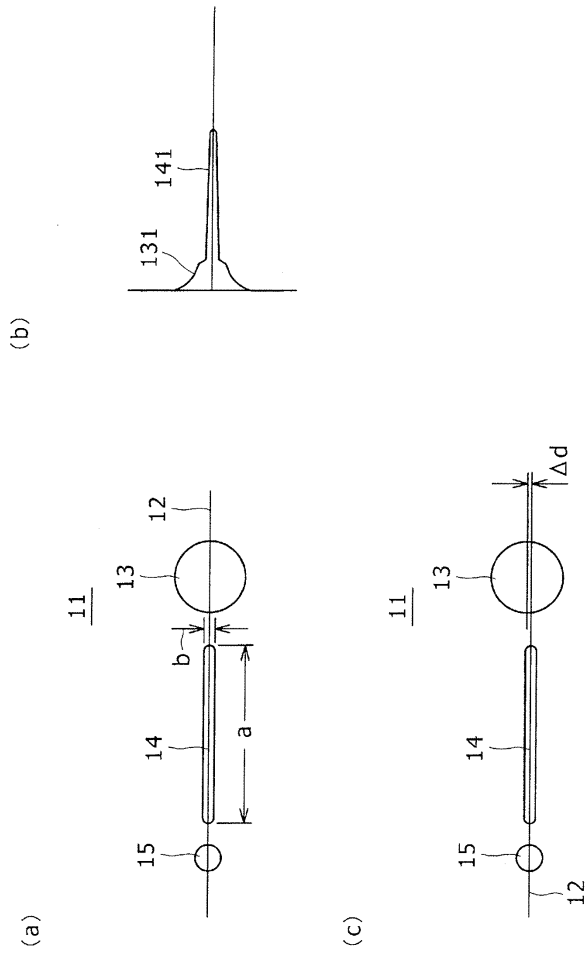
[0072] <산업상의 이용 가능성>

[0073] 액정 디스플레이, 플라즈마 디스플레이 등의 플랫 패널 디스플레이에 이용하는 유리의 절단기, 현재는 다이아몬드 커터로 행해지고 있어, 칼리트 발생때문에 절단후의 세정 공정의 필요성이나, 마이크로 크랙의 존재에 의한 강도 저하 등의 문제를 보이고 있다. 본 발명에 의한 취성 재료의 분할 장치 및 할단 방법은, 액정 디스플레이, 플라즈마 디스플레이 등의 플랫 패널 디스플레이에 이용하는 유리의 할단, 석영, 세라믹, 반도체 등의 각종 취성 재료의 할단에 사용할 수 있다. 본 발명에 관련된 취성 재료의 분할 장치 및 할단 방법이 플랫 패널 디스플레이 등의 제조 과정에 도입되면, 가공 속도, 가공 품질, 경제성 등의 향상, 종래 기술의 약점 극복 등에 있어서 큰 효과를 기대할 수 있다.

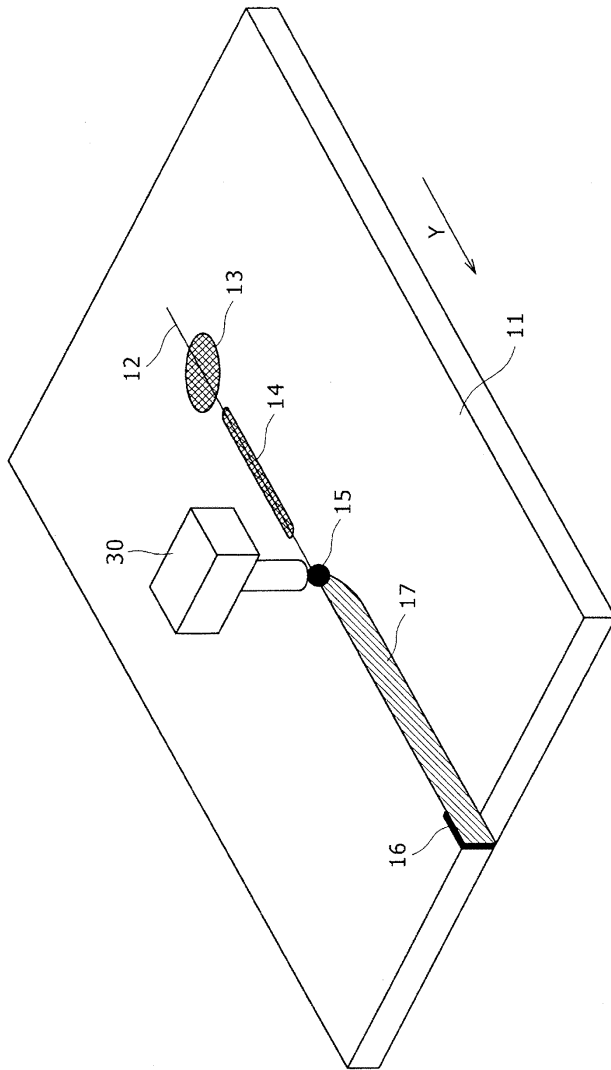
부호의 설명

- [0074]
- | | |
|-----------------------------|--------------------------|
| 11 : 유리 기판 | 12 : 할단 예정선 |
| 13 : 제1의 레이저 빔 | 14 : 제2의 레이저 빔 |
| 15 : 냉각점 또는 냉각 위치 | 16 : 초기 균열 |
| 17 : 할단면 | 18 : 할단면이 생기지 않는 영역 |
| 19 : 스크라이브 홈 | 21 : CO ₂ 레이저 |
| 22 : 레이저 빔 | 23 : 반사경 |
| 24 : 집광 렌즈 | 25 : CO ₂ 레이저 |
| 26 : 레이저 빔 | 27 : 빔 익스팬더 |
| 28 : 반사경 | 29 : 빔 정형 수단 |
| 31 : 냉각 장치 | 31 : 초기 균열 형성 장치 |
| 32 : 테이블 | 33 : X-Y 구동 장치 |
| 131 : 제1의 레이저 빔에 의한 온도 프로파일 | |
| 133 : 차폐 부분 | |
| 141 : 제2의 레이저 빔에 의한 온도 프로파일 | |

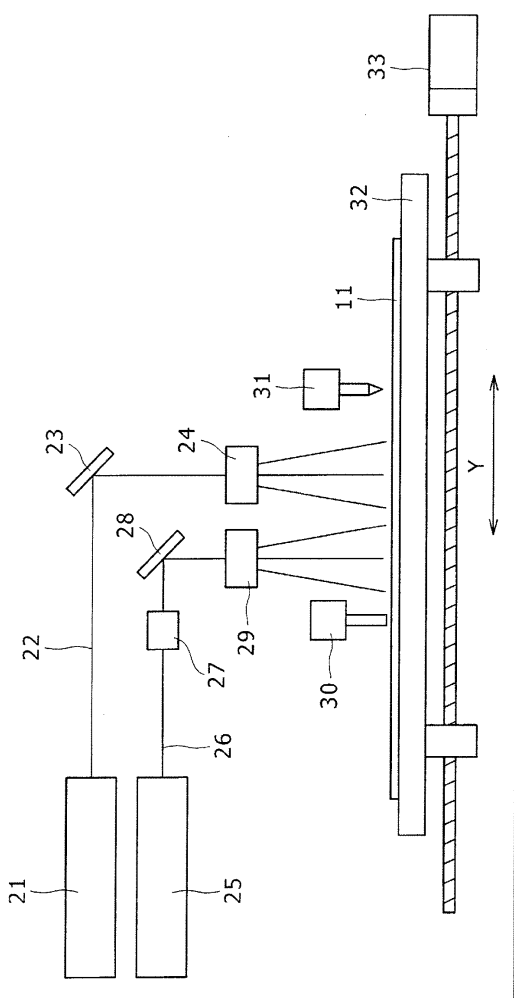
도면
도면1



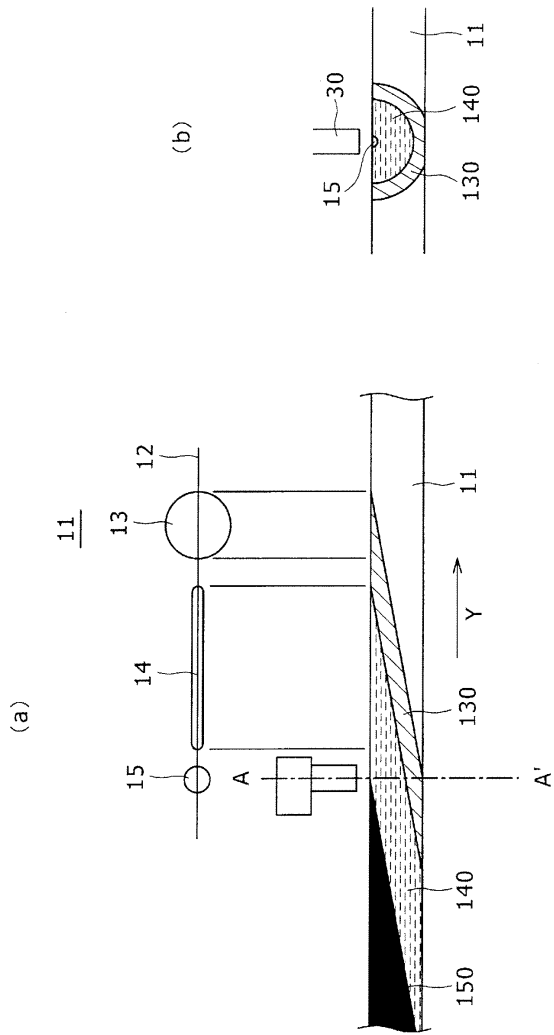
도면2



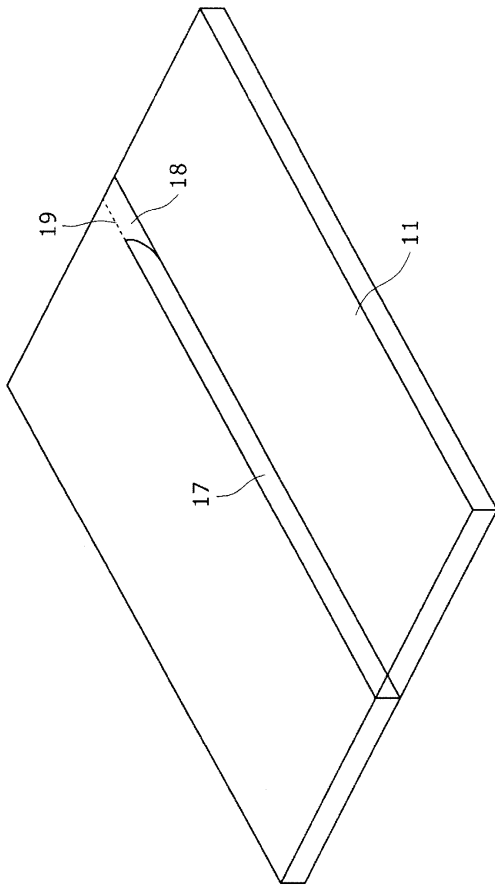
도면3



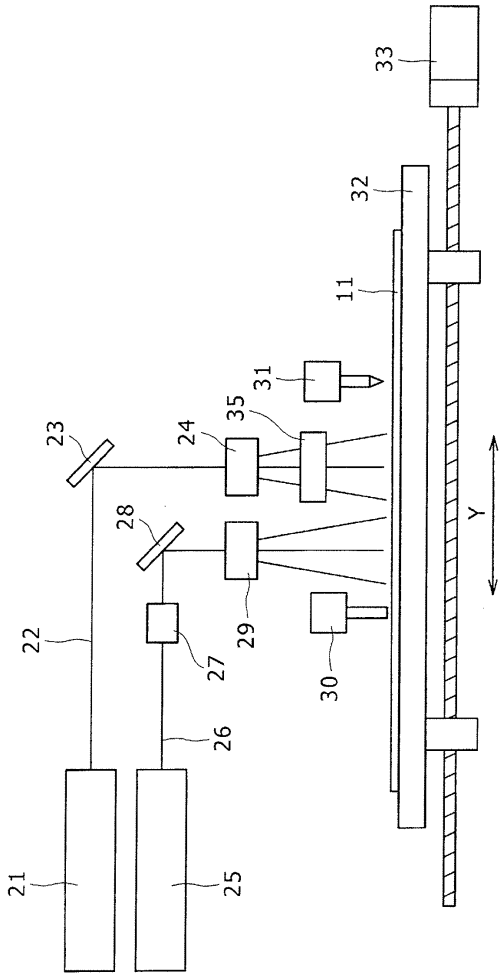
도면4



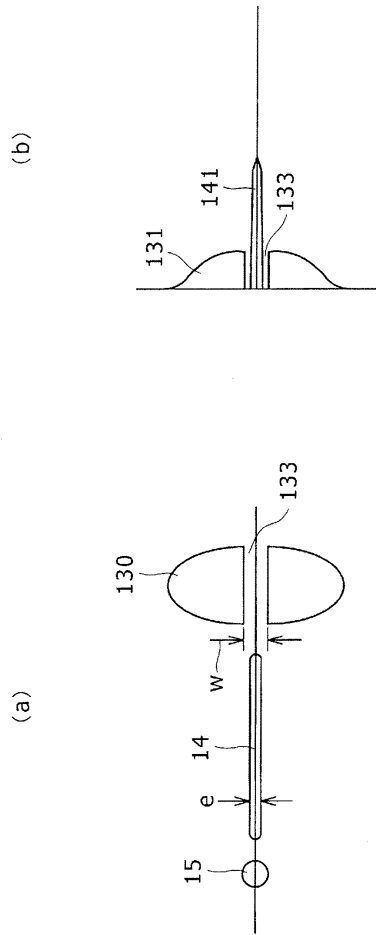
도면5



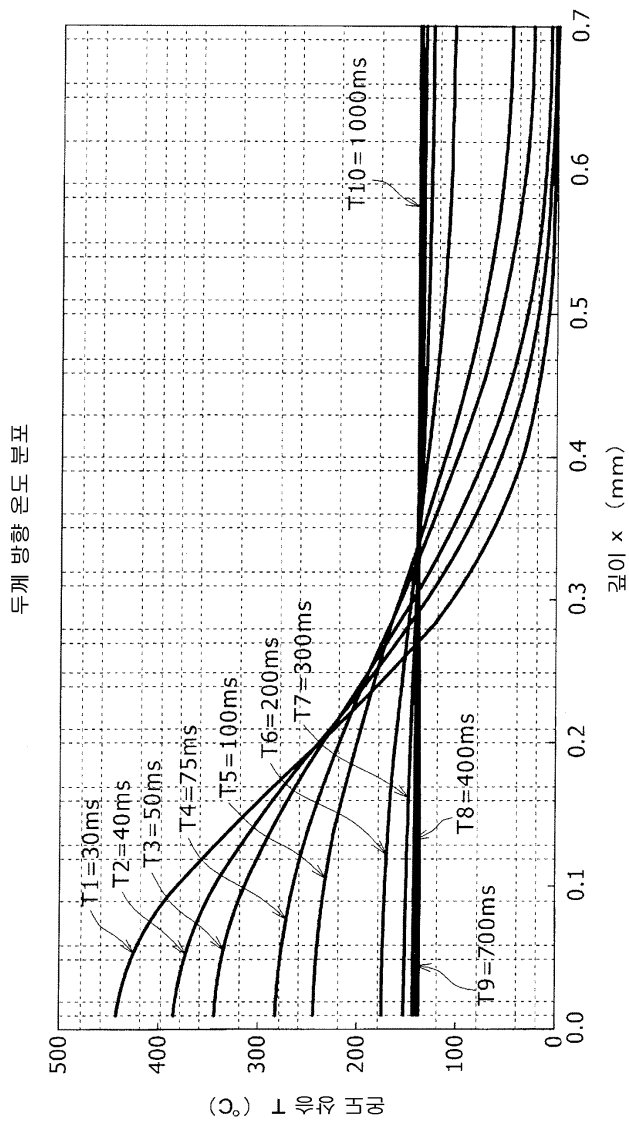
도면6



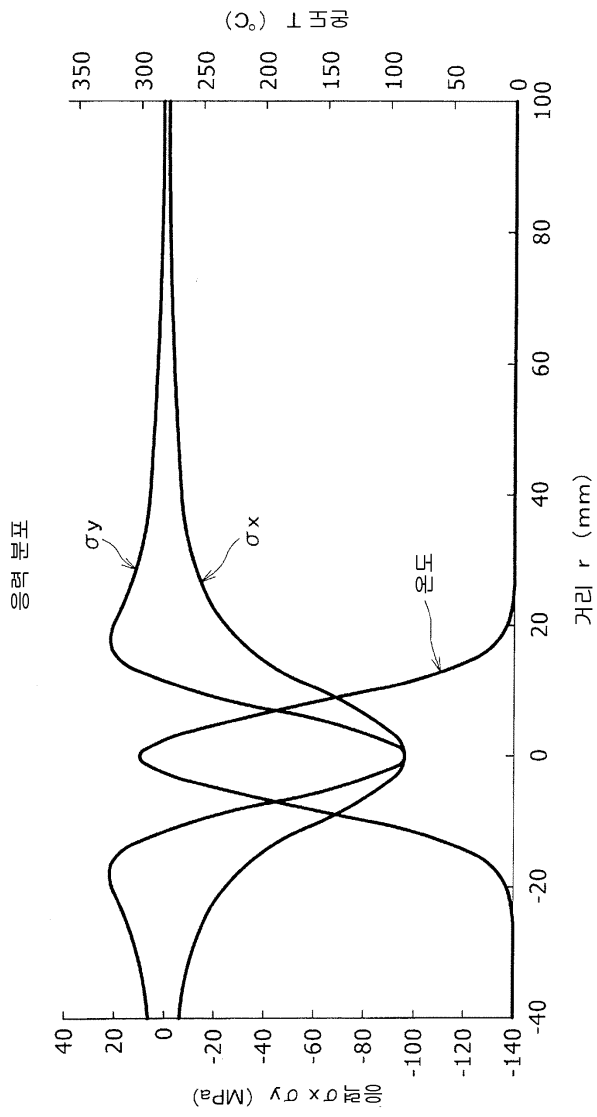
도면7



도면8

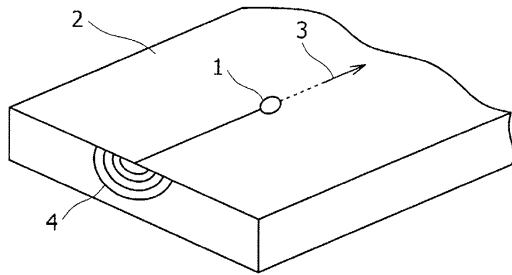


도면9

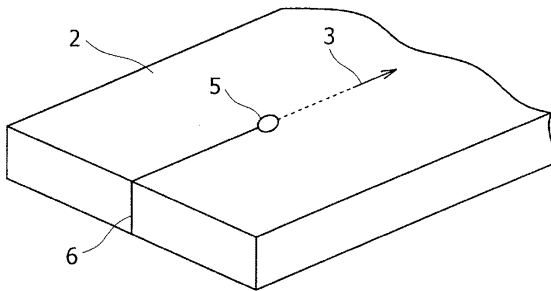


도면10

(a)

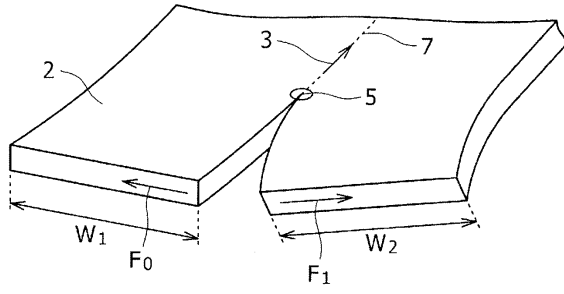


(b)

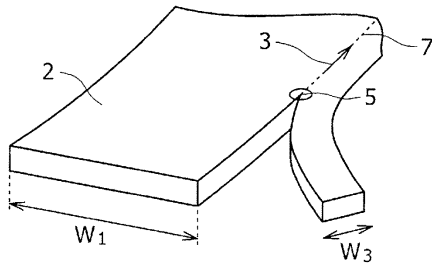


도면11

(a)



(b)



도면12

가공 조건 번호 #	전방에 조사하는 대략 원형의 빔 (제1 레이저 빔)		후방에 조사하는 가늘고 긴 빔 (제2 레이저 빔)		가공 속도 V (mm/s)	제1 레이저 빔과 냉각 유체의 거리 (mm)	제1 레이저 빔조사 영역의 평균 파워 밀도 (W/mm ²)	제2 레이저 빔조사 영역의 평균 파워 밀도 (W/mm ²)	가공 후의 나머지 길이 L(mm)	가공 결과
	파워 (W)	조사 면적 (mm ²)	파워 (W)	조사 면적 (mm ²)						
#1	83	63.6	80	18	170	75	1.31	4.44	65	○ 풀 바디 할단 달성, 유리 중단부의 나머지 길이가 짧다.
#2	80	63.6	80	18	170	75	1.26	4.44	170	△ 나머지 길이가 조금 길다.
#3	75	63.6	80	18	170	75	1.18	4.44	222	× 나머지 길이가 길다.
#4	75	63.6	85	18	140	75	1.18	4.72	15	× 나머지 길이가 짧지만, 직선성 열화 단면의 면적 나쁨.
#5	92	63.6	79	18	170	75	1.45	4.39	15	○ 풀 바디 할단 달성, 나머지 길이가 짧다.
#6	83	63.6	79	18	170	75	1.31	4.39	20	○ 풀 바디 할단 달성, 나머지 길이가 짧다.
#7	80	63.6	79	18	170	75	1.26	4.39	160	△ 나머지 길이가 조금 길다.
#8	70	63.6	70	18	170	75	1.10	3.89	290	× 풀 바디로 되지 않는다.
#9	211	82.4	81	18	200	95	2.56	4.50	35	○ 풀 바디 할단 달성 면적 양호, 나머지 길이가 짧다.
#10	220	82.4	79	18	210	95	2.67	4.39	45	○ 풀 바디 할단 달성 면적 양호, 나머지 길이가 짧다.
#11	238	82.4	78	18	230	95	2.89	4.33	59	○ 풀 바디 할단 달성 면적 양호, 나머지 길이가 짧다.