



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2019-0101404
(43) 공개일자 2019년08월30일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C03B 33/02 (2006.01) B23K 26/53 (2014.01)
B23K 103/00 (2006.01)
(52) CPC특허분류
C03B 33/0222 (2013.01)
B23K 26/53 (2018.08)
(21) 출원번호 10-2019-7021343
(22) 출원일자(국제) 2017년12월21일
심사청구일자 없음
(85) 번역문제출일자 2019년07월19일
(86) 국제출원번호 PCT/EP2017/084177
(87) 국제공개번호 WO 2018/122112
국제공개일자 2018년07월05일
(30) 우선권주장
10 2017 100 015.1 2017년01월02일 독일(DE)

(71) 출원인
쇼오토 아게
독일, 마인쯔 55122, 하텐베르그슈트라쎄 10
(72) 발명자
바그너 파비안
독일 마인쯔 55118 타우누스슈트라쎄 55
플래퍼 볼케르
독일 알체이 55232 에른스트-몬베그-슈트라쎄 20
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
김태홍, 김진희

전체 청구항 수 : 총 26 항

(54) 발명의 명칭 기관을 분리하는 방법

(57) 요약

본 발명은 기관, 특히 취성-경질 재료의 기관을 분리하는 방법에 관한 것이며, 여기서 결함은 적어도 하나의 펄스형 레이저 빔을 사용하여 미리 정해진 분리 라인을 따라 서로 이격거리를 두고 상기 기관 내로 도입되고,

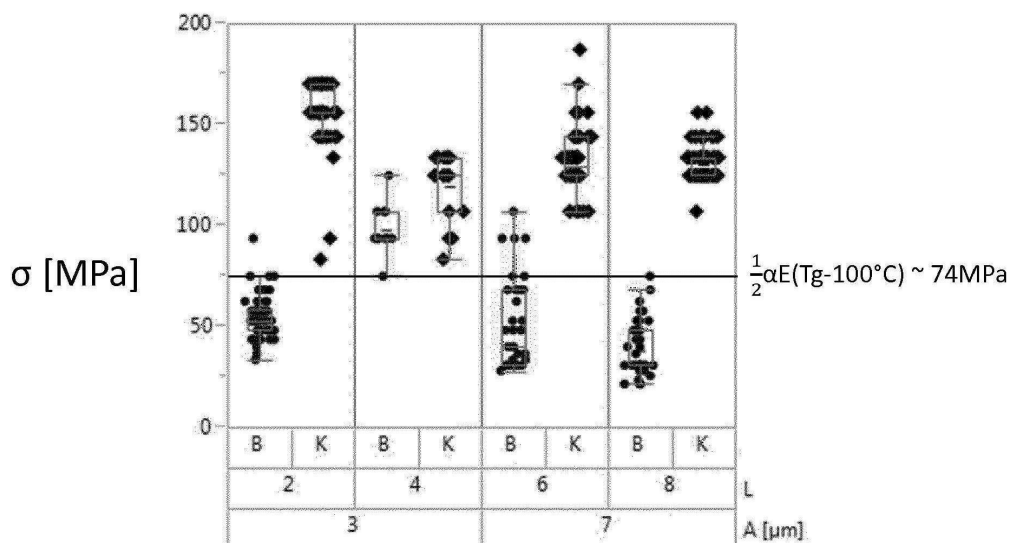
이웃 결함 사이의 평균 이격거리 및 각각의 결함을 발생시키기 위한 레이저 펄스의 수 둘 다는,

a) 분리 라인을 따라 기관을 분리하기 위한 파단 응력 σ_B 가 각각의 기관에 따른 제1 참조 응력 σ_{R1} 보다 더 작고;

b) 분리 후에 획득된 분리 에지의 에지 강도 σ_K 가 각각의 기관에 따른 제2 참조 응력 σ_{R2} 보다 더 크고;

c) 상기 결함의 도입 후에, 분리 라인을 따라 응력을 적용함으로써 기관이 분리될 수 있도록 선택된다.

대표도



(52) CPC특허분류

B23K 2103/54 (2018.08)

(72) 발명자

오르트너 안드레아스

독일 가우-알게스하임 55435 마인처 슈트라쎄 6엘

슈미트 시몬

독일 비스바덴 65189 싱켈슈트라쎄 6

렌데스 프랑크-토마스

독일 빙겐 55411 괴테슈트라쎄 9

세이들 알브레히트

독일 니테른베르그 63843 넬켄베그 2

마카스 안탈

독일 그로스슈바브하우젠 99441 안 더 하셀 엔알.
8

마르틀로메 페트릭

독일 예나 07745 암 히르슈베르게 14

명세서

청구범위

청구항 1

기판(1), 특히 취성-경질 재료, 특히 유리, 유리 세라믹, 및/또는 실리콘으로 제조된 기판을 분리하는 방법에 있어서,

결합이 적어도 하나의 펄스형 레이저 빔을 사용하여 미리 정해진 분리 라인을 따라 서로 이격거리를 두고 상기 기판 내로 도입되고;

이웃 결합 사이의 평균 이격거리 및 각각의 결합을 발생시키기 위한 레이저 펄스의 수 둘 다가,

a) 상기 분리 라인을 따라 상기 기판(1)을 분리하기 위한 파단 응력 σ_B 는 각각의 기판에 따른 제1 참조 응력 σ_{R1} 보다 더 작고;

b) 분리 후에 수득된 분리 에지의 에지 강도 σ_k 는 각각의 기판에 따른 제2 참조 응력 σ_{R2} 보다 더 크고;

c) 상기 결합의 도입 후에, 상기 분리 라인을 따라 응력을 적용함으로써 상기 기판이 분리될 수 있도록, 선택되는 것인, 기판(1)을 분리하는 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 제1 및 제2 참조 응력은 동일하고, $\sigma_{R1} = \sigma_{R2}$, 상기 기판의 재료에 따른 최대 열 응력 σ_{th} 으로서 제시되고;

상기 최대 열 응력 σ_{th} 이 특히 식 $\sigma_{th} = 0.5 \cdot \alpha \cdot E \cdot (T_g - 100^\circ\text{C})$ 에 따라 결정될 수 있으며, 여기서 α 는 기판 재료의 열 팽창 계수이고, E 는 기판 재료의 영률이고, T_g 는 기판 재료의 유리 전이 온도인 것인, 방법.

청구항 3

제1항에 있어서,

$\sigma_{R1} \leq C_{R1} \cdot \alpha \cdot E \cdot (T_g - 100^\circ\text{C})$ 가 상기 제1 참조 응력에 적용되고,

$\sigma_{R2} \geq C_{R2} \cdot \alpha \cdot E \cdot (T_g - 100^\circ\text{C})$ 가 상기 제2 참조 응력에 적용되며,

여기서 C_{R1} 및 C_{R2} 는 참조 응력 계수이며, $C_{R1} = 0.5/k$ 및 $C_{R2} = 0.5 \cdot k$ 이며, $k = 1.5$, 바람직하게는 $k = 2$, 보다 바람직하게는 $k = 2.5$ 이고; 여기서 α 는 기판 재료의 열 팽창 계수이고, E 는 기판 재료의 영률이고, T_g 는 기판 재료의 유리 전이 온도인 것인, 방법.

청구항 4

제1항에 있어서, 특히 화학적으로 강화된 기판을 분리하기 위해,

상기 제1 및 제2 참조 응력은 동일하고, $\sigma_{R1} = \sigma_{R2}$, 상기 강화된 기판의 특성에 의해 정의된 내부 인장 응력 σ_{CT} 로서 제시되고;

상기 내부 인장 응력 σ_{CT} 가 식 $\sigma_{CT} = (\sigma_{CS} \cdot d_L)/(d - 2d_L)$ 에 따라 결정될 수 있으며, 여기서 σ_{CS} 는 강화된 기판의 표면 압축 응력을 나타내고, d_L 은 예비 응력의 투과 깊이이고, d 는 기판의 두께인 것인, 방법.

청구항 5

제1항에 있어서, 특히 열적으로 강화된 기판을 분리하기 위해,

상기 제1 및 제2 참조 응력은 동일하고, $\sigma_{R1} = \sigma_{R2}$, 상기 강화된 기판의 특성에 의해 정의된 내부 인장 응력 σ_{CT} 로서 제시되고;

상기 내부 인장 응력 σ_{CT} 가 식 $\sigma_{CT} = \sigma_{CS}/2$ 에 따라 결정될 수 있으며, 여기서 σ_{CS} 는 강화된 기판의 표면 압축 응력을 나타내는 것인, 방법.

청구항 6

제1항 내지 제5항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 결합의 도입 후에, 레이저 방사선, 바람직하게는 CO₂ 레이저의 입사 지점이, 분리를 위해 상기 분리 라인을 따라 적용될 응력을 유도하기 위해, 상기 분리 라인을 따라 상기 기판 위로 이동되는 것인, 방법.

청구항 7

제1항 내지 제6항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 이웃 결합 사이의 평균 이격거리는 구간 [1 μ m, 10 μ m]로부터 선택되고, 바람직하게는 구간 [3 μ m, 8 μ m]로부터 선택되고, 가장 바람직하게는 구간 [5 μ m, 7 μ m]로부터 선택되는 것인, 방법.

청구항 8

제1항 내지 제7항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 각각의 결합을 발생시키기 위한 레이저 펄스의 수는 구간 [1, 20]으로부터 선택되고, 바람직하게는 구간 [1, 10]으로부터 선택되고, 가장 바람직하게는 구간 [2, 8]로부터 선택되는 것인, 방법.

청구항 9

제1항 내지 제8항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 기판의 재료는 구간 [$3 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$, $4 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$] 내의 열 팽창 계수, 구간 [69 kN/mm^2 , 76 kN/mm^2] 내의 영률, 및/또는 구간 [700°C, 800°C] 내의 유리 전이 온도를 갖고;

상기 이웃 결합 사이의 평균 이격거리는 구간 [6 μ m, 8 μ m]로부터 선택되고, 상기 각각의 결합을 발생시키기 위한 레이저 펄스의 수는 구간 [7, 9]로부터 선택되는 것인, 방법.

청구항 10

제1항 내지 제9항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 기판의 재료는 구간 [$7 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$, $8 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$] 내의 열 팽창 계수, 구간 [69 kN/mm^2 , 76 kN/mm^2] 내의 영률, 및/또는 구간 [500°C, 600°C] 내의 유리 전이 온도를 갖고;

상기 이웃 결합 사이의 평균 이격거리는 구간 [6 μ m, 8 μ m]로부터 선택되고, 상기 각각의 결합을 발생시키기 위한 레이저 펄스의 수는 구간 [1, 3]으로부터 선택되는 것인, 방법.

청구항 11

제1항 내지 제10항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 유리는 구간 [$3 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$, $4 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$] 내의 열 팽창 계수, 구간 [60 kN/mm^2 , 68 kN/mm^2] 내의 영률, 및/또는 구간 [500°C, 600°C] 내의 유리 전이 온도를 갖고;

상기 이웃 결합 사이의 평균 이격거리가 구간 [4 μ m, 8 μ m]로부터 선택되고 상기 각각의 결합을 발생시키기 위한 레이저 펄스의 수가 구간 [7, 9]로부터 선택되거나; 또는 상기 이웃 결합 사이의 평균 이격거리가 구간 [6 μ m, 8 μ m]로부터 선택되고 상기 각각의 결합을 발생시키기 위한 레이저 펄스의 수가 구간 [3, 5]로부터 선택되는 것인, 방법.

청구항 12

기판, 특히 취성-경질 재료, 특히 유리, 유리 세라믹, 및/또는 실리콘으로 제조된 기판을 분리하는 방법에 있어서,

적어도 하나의 기지의 재료 파라미터, 특히 열 팽창 계수, 영률, 및/또는 유리 전이 온도 중 하나, 및/또는 적어도 하나의 기지의 기판 특성, 특히 적어도 하나의 기판 표면의 투과율 및/또는 평균 거칠기 중 하나를 갖는 적어도 하나의 기판을 제공하는 단계;

적어도 하나의 프로세스 파라미터, 특히 결함의 이격거리, 레이저 펄스의 수, 및/또는 버스트 주파수를, 상기 적어도 하나의 기지의 재료 파라미터 및/또는 상기 적어도 하나의 기지의 기판 특성의 함수로서 정의하는 단계; 및

적어도 하나의 미리 정해진 프로세스 파라미터에 따른 레이저의 레이저 펄스를 사용하여 결함을 미리 정해진 분리 라인을 따라 서로 이격거리를 두고 상기 기판 내로 도입하는 단계를 포함하는, 기판을 분리하는 방법.

청구항 13

분리 라인을 따라 사전손상된(pre-damaged) 워크피스, 특히 유리 제품, 유리 세라믹 제품, 및/또는 실리콘 제품에 있어서,

상기 워크피스는 상기 분리 라인을 따라 서로 이격거리를 두고 결함을 갖고;

상기 분리 라인을 따라 상기 워크피스를 분리하기 위한 파단 응력 σ_B 가 각각의 워크피스에 따른 제1 참조 응력 σ_{R1} 보다 더 작고;

분리 후에 수득된 분리 에지의 에지 강도 σ_K 가 각각의 워크피스에 따른 제2 참조 응력 σ_{R2} 보다 더 큰 것인, 워크피스.

청구항 14

제13항에 있어서,

상기 제1 및 제2 참조 응력, $\sigma_{R1} = \sigma_{R2}$ 둘 다가 상기 워크피스의 재료에 따른 최대 열 응력 σ_{th} 로서 제시되고;

상기 최대 열 응력 σ_{th} 가 특히 식 $\sigma_{th} = 0.5 \cdot \alpha \cdot E \cdot (T_g - 100^\circ\text{C})$ 에 따라 결정될 수 있으며, 여기서 α 는 워크피스의 재료의 열 팽창 계수이고, E 는 워크피스의 재료의 영률이고, T_g 는 워크피스의 재료의 유리 전이 온도인 것인, 워크피스.

청구항 15

제13항에 있어서,

$\sigma_{R1} \leq C_{R1} \cdot \alpha \cdot E \cdot (T_g - 100^\circ\text{C})$ 가 상기 제1 참조 응력에 적용되고,

$\sigma_{R2} \geq C_{R2} \cdot \alpha \cdot E \cdot (T_g - 100^\circ\text{C})$ 가 상기 제2 참조 응력에 적용되며,

상기 C_{R1} 및 C_{R2} 는 참조 응력 계수이며, $C_{R1} = 0.5/k$ 및 $C_{R2} = 0.5 \cdot k$ 이며, $k = 1.5$, 바람직하게는 $k = 2$, 보다 바람직하게는 $k = 2.5$ 이고; 여기서 α 는 워크피스의 재료의 열 팽창 계수이고, E 는 워크피스의 재료의 영률이고, T_g 는 워크피스의 재료의 유리 전이 온도인 것인, 워크피스.

청구항 16

제13항에 있어서, 상기 워크피스는 특히 화학적으로 강화된 상태에서 제공되고,

상기 제1 및 제2 참조 응력은 동일하고, $\sigma_{R1} = \sigma_{R2}$, 상기 강화된 워크피스의 특성에 의해 정의된 내부 인장 응력 σ_{CT} 로서 제시되고;

상기 내부 인장 응력 σ_{CT} 가 식 $\sigma_{CT} = (\sigma_{CS} \cdot d_L)/(d-2d_L)$ 에 따라 결정될 수 있으며, 여기서 σ_{CS} 는 강화된 워크피스의 표면 압축 응력을 나타내고, d_L 은 예비 응력의 투과 깊이이고, d 는 워크피스의 두께인 것인, 워크피스.

청구항 17

제13항에 있어서, 상기 워크피스는 특히 열적으로 강화된 상태에서 제공되고,

상기 제1 및 제2 참조 응력은 동일하고, $\sigma_{R1} = \sigma_{R2}$, 상기 강화된 워크피스의 특성에 의해 정의된 내부 인장 응력 σ_{CT} 로서 제시되고;

상기 내부 인장 응력 σ_{CT} 가 식 $\sigma_{CT} = \sigma_{CS}/2$ 에 따라 결정될 수 있으며, 상기 σ_{CS} 는 강화된 워크피스의 표면 압축 응력을 나타내는 것인, 워크피스.

청구항 18

제13항 내지 제17항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 워크피스는 서로 교차하는 이격된 결합(7)의 적어도 2개의 분리 라인(3, 5)을 포함하는 것인, 워크피스.

청구항 19

제13항 내지 제18항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 분리 라인을 따라 분리하기 위한 파단 응력이 적어도 3 MPa, 바람직하게는 적어도 5 MPa, 보다 바람직하게는 적어도 10 MPa 상이한 것인, 워크피스.

청구항 20

제13항 내지 제19항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 분리 라인(3)을 따라 상기 워크피스를 분리하기 위한 파단 응력(σ_{B1})이 각각의 워크피스에 따른 제1 참조 응력(σ_{R1}) 보다 더 작고;

분리 후에 획득된 분리 에지의 에지 강도(σ_K)가 각각의 워크피스에 따른 제2 참조 응력(σ_{R2}) 보다 더 크고;

제2 분리 라인(5)이 적어도 $\sigma_{B1} + 5$ MPa, 바람직하게는 $\sigma_{B1} + 10$ MPa, 바람직하게는 $\sigma_{B1} + 15$ MPa의 더 높은 파단 응력을 갖는 것인, 워크피스.

청구항 21

제19항 또는 제20항에 있어서,

필라멘트 결합(7)의 이격거리가 상이하고, 분리 라인(3)의 하나에서의 이격거리가, 교차 분리 라인(3, 5)의 다른 하나에서보다 더 작은 것인, 워크피스.

청구항 22

제19항 내지 제21항 중 어느 한 항에 있어서,

2개보다 많은 교차 분리 라인을 포함하고, 상기 분리 라인의 수는 병치된 분리 라인(3, 5)의 적어도 2개의 세트(30, 50)로 나뉘질 수 있고, 1개 세트의 분리 라인의 평균 파단력이 또 다른 세트의 평균 파단력과 적어도 3 MPa 만큼 상이한 것인, 워크피스.

청구항 23

제13항 내지 제22항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 세트(50) 중 하나의 분리 라인(5)이 워크피스(1)의 에지 중 하나로부터 떨어져 종료되어, 웹(18) 또는 프레임(22)이 분리 라인(5)의 말단과 워크피스(1)의 에지(20) 사이에 형성되도록 하여, 상기 워크피스(1)가 상기 에지(20)로부터 떨어져 종료되는 분리 라인(5)을 따라 분리되는 경우에도, 분리가능한 요소(2)가 상기 웹 또는 프레임에 부착된 채 남아있는 것인, 워크피스.

청구항 24

제13항 내지 제23항 중 어느 한 항에 있어서,

코팅된 기관의 형태로 제공되며, 바람직하게는 단백질 또는 DNA 분석을 위한 유기 기능성 코팅으로 코팅된 것인, 워크피스(1).

청구항 25

제13항 내지 제24항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 워크피스(1)는 복수의 병치된 분리 라인(5, 6)을 포함하고, 상기 분리 라인(6) 중 적어도 하나가 2개의 인접한 분리 라인(5) 사이, 바람직하게는 분리 라인(5)의 2개의 세트 사이에 연장되고, 상기 2개의 인접한 분리 라인(5) 사이에 연장되는 분리 라인(6)은 상기 인접한 분리 라인(5)보다 더 적은 파단 응력을 갖는 것인, 워크피스(1).

청구항 26

2개의 대향면(10, 11) 및 에지 표면(13, 14, 15, 16)을 갖는 시트형 유리 또는 유리 세라믹 요소(2)에 있어서, 상기 에지 표면(13, 14, 15, 16) 중 적어도 2개가 면(10, 11) 중 하나의 면으로부터 면 중 또 다른 면으로의 방향으로 에지 표면의 주기적인 이격거리로 나란히 연장되는 필라멘트 결함(7)을 갖고, 상기 에지 표면(13, 14, 15, 16)의 적어도 2개가 상기 필라멘트 결함(7)의 이격거리의 상이한 주기를 나타내는 것인, 시트형 유리 또는 유리 세라믹 요소(2).

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 기관, 특히 유리, 유리 세라믹, 또는 실리콘으로 제조된 기관의 레이저-보조 분리하는 방법에 관한 것이며, 여기서 결함은 펄스형 레이저 빔을 사용하여 미리 정해진 분리 라인을 따라 서로 이격거리를 두고 상기 기관 내로 도입된다. 본 발명은 더욱이 분리 라인을 따라 이격된 결함을 포함하는, 워크피스, 특히 유리 제품, 유리 세라믹 제품, 및/또는 실리콘 제품에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 유리 산업에서 널리 사용되는 하나의 절삭 방법은 기계적 스크라이빙 및 파단이다. 상기 방법은 비용 효과적이지만, 본질적으로 직선 절삭으로 제한된다. 파단 후에, 에지는 종종 충분한 품질을 갖지 않아서, 예를 들어 연삭 또는 연마에 의한 복잡한 후처리가 필요할 수 있다.

[0003] 또 다른 방법은 자유-형태의 기하학적 구조를 허용하지만 동시에 제한된 품질로 오히려 느리고 비용이 많이 드는 워터-젯 절삭이어서, 이 프로세스에서도 에지의 추가 후처리가 전형적으로 필요하다. 따라서, 워터-젯 절삭 방법은 주로 스크라이빙 및 파단, 및 임의로 후속 후처리에 의해 생성될 수 없는 복잡한 기하학적 구조에 이용된다.

[0004] 열 레이저 스크라이빙 방법에서, 유리는, 예를 들어 CO₂ 레이저에 의해, 절삭 라인을 따라 가열되고 즉시 다시 냉각된다. 이는 높은 에지 품질을 달성하면서 자유-형태의 기하학적 구조를 생성하게 하지만, 절삭 에지의 곡률 반경이 너무 작아서는 안된다. 그러나, 레이저 스크라이빙은 더 큰 두께를 갖는 유리, 및 특히 낮은 열 팽창 계수를 갖는 유리에는 적합하지 않거나, 품질의 손실이 큰 경우에만 적합하다.

[0005] 이러한 배경에 대하여, 레이저 필라멘트화 방법은 특히 유망한 것으로 보인다. 여기서, 극초단파 펄스형 레이저는 유리 내에, 예를 들어 천공의 형태로 분리 라인을 도입하는데 사용된다.

[0006] WO 2012/006736 A2에 기재된 바와 같이, 예를 들어, 펄스형 초점 레이저 빔으로 투명한 기관에 필라멘트를 생성하는 것이 가능하고, 다수의 필라멘트에 의해 형성된 경로는 기관을 분리하는 것을 가능하게 한다. 필라멘트는 고에너지 짧은 레이저 펄스에 의해 생성되고, 비선형 광학 케르 효과(Kerr effect)가 레이저 빔의 자동-초점을 유발하여 플라즈마 형성을 야기하는 것으로 가정된다.

[0007] DE 10 2012 110 971 A1은 또한 투명한 워크피스의 분리를 제조하는 방법을 기재하고 있으며, 여기서 워크피스를

가로질러 연장되고 서로 나란히 정렬되어 있는 필라멘트 형성은 미리 정해진 파단 라인을 따라 극초단파 레이저 펄스에 의해 생성된다.

[0008] 필라멘트 경로가 레이저 필라멘트화에 의해 유리 내에, 특히 예비 결합의 라인 또는 천공 라인의 형태로 도입된 후에, 유리는 절단으로 알려진 추가 단계에서 분리될 수 있다. 이 목적을 위해, 필라멘트 경로는 CO₂ 레이저에 의해 추적되어서, 유리가 필라멘트 경로를 따라서 의도된 분리 라인을 따라 분리된다. 그러나, 절단 단계 동안, 특히 복잡한 기하학적 구조 또는 낮은 열 팽창 계수를 갖는 재료의 경우에, 예를 들어 균열이 예비 도입된 분리 라인을 따르지 않고 떨어져 나가거나, 또는 균열이 시작되거나 멈추지 않아서 오류가 발생할 수 있다. 이러한 문제는 그 자체가 상이한 유리에 대해 상이한 방식으로 존재할 수 있으며, 즉 때때로 또한 분리될 유리를 따르는 것으로 밝혀진 바 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0009] 따라서, 본 발명의 일반적인 목적은, 특히 분리될 각각의 재료와 관련하여, 후속 절단 단계를 포함한 레이저 필라멘트화의 프로세스를 최적화하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0010] 본 발명의 한 측면은 분리 에지의 품질을 향상시키는 것을 포함한다.

[0011] 이 목적은 독립항의 주제에 의해 달성된다. 본 발명의 유리한 실시양태는 독립항에 의해 구체화된다.

[0012] 따라서, 본 발명은 기관, 특히 취성-경질 재료, 특히 유리, 유리 세라믹, 및/또는 실리콘으로 제조된 기관을 분리하는 방법에 관한 것이며, 여기서 결합은 적어도 하나의 펄스형 레이저 빔을 사용하여 미리 정해진 분리 라인을 따라 서로 이격거리를 두고 상기 기관 내로 도입된다.

[0013] 따라서, 필라멘트 결합은 분리 라인을 따라 기관의 체적에서 서로 나란히 생성되고, 기관은 특히 시트형 유리 요소, 시트형 유리 세라믹 요소, 또는 편평한 실리콘 웨이퍼의 형태로 제공될 수 있다. 필라멘트 결합은 레이저의 레이저 펄스에 의해, 특히 레이저 펄스에 의해 유리의 체적에서 플라스마를 생성함으로써 생성되며, 여기서 기관의 재료는 레이저 펄스에 대해 투명하고, 상기 레이저 펄스의 입사점은 분리 라인을 따라 기관의 표면 위로 변위된다.

[0014] 결합을 도입할 때, 이웃 결합 사이의 평균 이격거리 및 각각의 결합을 발생시키기 위한 레이저 펄스의 수 둘 다는 a) 분리 라인을 따라 기관을 분리하기 위한 파단 응력 σ_B 가 각각의 기관에 따른 제1 참조 응력 σ_{R1} 보다 더 작고; b) 분리 후에 획득된 분리 에지의 에지 강도 σ_K 가 각각의 기관에 따른 제2 참조 응력 σ_{R2} 보다 더 크고; c) 상기 결합의 도입 후에, 분리 라인을 따라 응력을 적용함으로써 기관이 분리될 수 있도록 선택된다.

[0015] 다시 말해서, 레이저 필라멘트화는 기관의 파단 응력과 관련하여 수행되고, 특히 개별 천공점을 겨냥하는 펄스의 수 및 필라멘트의 이격거리가 그에 따라 미리선택된다. 더욱이, 필라멘트의 생성을 위한 개별 펄스 사이의 시간차를 미리선택하는 것이 또한 가능하다.

[0016] 본원에서 파단 응력 σ_B 는 결합이 도입된 후에, 분리 라인을 따라 기관을 분리하는데, 즉 필라멘트화 채널을 개방하는데 필요한 응력을 지칭한다. 파단 응력의 경우에, $\sigma_B < \sigma_{R1}$ 이 적용되며, 여기서 제1 참조 응력 σ_{R1} 은 기관에 따른 값, 특히 기관의 재료 및/또는 그의 특성에 따른 값이다.

[0017] 더욱이, 에지 강도는 필라멘트화 파라미터를 통해 영향받을 수 있다. 에지 강도 σ_K 는 분리 후에 획득된 분리 에지를 나타내는 기관에서 균열을 생성하고 기관이 파단되게 하기 위해 적용되어야 할 응력을 지칭한다. 에지 강도의 경우에, $\sigma_K > \sigma_{R2}$ 가 적용되며, 여기서 제2 참조 응력 σ_{R2} 는 다시 기관에 따른 값, 특히 기관의 재료 및/또는 그의 특성에 따른 값을 나타낸다.

[0018] 특히, 제1 및 제2 참조 응력이 동일하고 기관의 재료에 따른 최대 열 응력으로서 제시되는 것, 즉 $\sigma_{R1} = \sigma_{R2} = \sigma_{th}$ 가 고려될 수 있다. 본원에서 최대 열 응력 σ_{th} 는 한 지점에서, 특히 CO₂ 레이저에 의해 기관을 가열함으로써 최대한으로 달성될 수 있는 응력을 지칭한다.

- [0019] 최대 열 응력 σ_{th} 는 특히 식 $\sigma_{th} = 0.5 \cdot \alpha \cdot E \cdot (T_g - 100^\circ\text{C})$ 에 따라 결정될 수 있으며, 여기서 α 는 기판 재료의 열 팽창 계수이고, E 는 기판 재료의 영률이고, T_g 는 기판 재료의 유리 전이 온도이다.
- [0020] 하기에 보다 상세하게 논의될 DOE 시험 시리즈에서, 언급된 조건, 특히 $\sigma_B < 0.5 \cdot \alpha \cdot E \cdot (T_g - 100^\circ\text{C})$ 및 $\sigma_K > 0.5 \cdot \alpha \cdot E \cdot (T_g - 100^\circ\text{C})$ 하에, 절단 단계가 상이한 유리의 샘플에 대해 특히 성공적인 것으로 실험적으로 입증되었다.
- [0021] 바람직한 실시양태에 따르면, $\sigma_{R1} \leq C_{R1} \cdot \alpha \cdot E \cdot (T_g - 100^\circ\text{C})$ 가 제1 참조 응력에 적용되고, $\sigma_{R2} \geq C_{R2} \cdot \alpha \cdot E \cdot (T_g - 100^\circ\text{C})$ 가 제2 참조 응력에 적용되며, 여기서 C_{R1} 및 C_{R2} 는 참조 응력 계수이며, $C_{R1} = 0.5/k$ 및 $C_{R2} = 0.5 \cdot k$ 이며, $k = 1.5$, 바람직하게는 $k = 2$, 보다 바람직하게는 $k = 2.5$ 이고; 여기서 α 는 다시 기판 재료의 열 팽창 계수이고, E 는 기판 재료의 영률이고, T_g 는 기판 재료의 유리 전이 온도인 것으로 제안된다.
- [0022] 따라서, 예를 들어, $\sigma_B < 0.25 \cdot \alpha \cdot E \cdot (T_g - 100^\circ\text{C})$ 가 파단 응력에 적용되고, $\sigma_K > 0.5 \cdot \alpha \cdot E \cdot (T_g - 100^\circ\text{C})$ 가 예지 강도에 적용되는 것이 특히 바람직하다. 심지어 $\sigma_B < 0.25 \cdot \alpha \cdot E \cdot (T_g - 100^\circ\text{C})$ 가 파단 응력에 적용되고, $\sigma_K > \alpha \cdot E \cdot (T_g - 100^\circ\text{C})$ 가 예지 강도에 적용되는 것이 보다 바람직할 수 있다. $\sigma_B > 1/20 \cdot \alpha \cdot E \cdot (T_g - 100^\circ\text{C})$ 가 파단 응력에 적용되는 것이 더욱 바람직할 수 있다는 것을 주목할 필요가 있다.
- [0023] 예를 들어, 절단 단계의 열적으로 유도된 응력의 값이 파단 응력의 상한치를 초과하면, 기판은 T_g 에 대한 근접성으로 인해 국부적으로 완화될 수 있으며, 즉 여기서 응력 분포의 평균 값을 고려하면, 필요한 응력은 형성될 수 없고 절단 단계는 실패할 것이다.
- [0024] 상기 언급은 특히 강화되지 않은 유리로 제조된 기판에 적용된다. 강화된 기판 또는 유리의 경우에, 대조적으로, 열 팽창 계수 α 의 값은 덜 결정적이다. 대조적으로, 중심 인장으로도 알려진 내부 인장 응력 σ_{CT} 가 또한 중요할 것이다.
- [0025] 바람직하게는 유리로 제조된 특히 화학적으로 강화된 기판을 분리하는 한 실시양태에서, 따라서 제1 및 제2 참조 응력이 동일하고 강화된 기판의 특성에 의해 한정된 내부 인장 응력 σ_{CT} 로서 제시되는 것, 즉, $\sigma_{R1} = \sigma_{R2} = \sigma_{CT}$ 가 고려된다.
- [0026] 특히 화학적으로 강화된 (프리-스트레스) 기판의 경우에, 내부 인장 응력 σ_{CT} 는 식: $\sigma_{CT} = (\sigma_{CS} \cdot d_L)/(d - 2d_L)$ 에 따라 결정될 수 있으며, 여기서 σ_{CS} 는 강화된 기판의 표면 압축 응력 또는 압밀 응력을 나타내고, d 는 기판, 특히 시트형 유리 기판의 두께를 나타내고, d_L 은 예비 응력 (프리-스트레스)의 투과 깊이 또는 층의 깊이(DoL), 다시 말해서 기판 표면으로부터 응력의 제로 크로싱의 거리 또는 기판의 예비 응력 층의 두께를 나타낸다.
- [0027] 특히 열적으로 강화된 기판의 경우에, 내부 인장 응력 σ_{CT} 는 식: $\sigma_{CT} = \sigma_{CS}/2$ 에 따라 결정될 수 있으며, 여기서 σ_{CS} 는 강화된 기판의 표면 압축 응력 또는 압밀 응력을 나타낸다.
- [0028] 절단 프로세스의 경우에, 따라서 파단 응력을 내부 인장 응력 σ_{CT} 보다 더 낮게 하기 위해 설정하는 것이 바람직할 수 있는 반면, 예지 강도는 유의하게 더 크게 설정된다. 절단 프로세스의 경우에, 따라서 파단 응력을 내부 인장 응력 σ_{CT} 및 열 응력 σ_{th} 의 합계 보다 낮게 설정하는 것이 특히 바람직할 수 있는 반면, 예지 강도는 더 크게, 특히 유의하게 더 크게 설정된다.
- [0029] 강화된 또는 비-강화된 기판이 고려되는지 여부에 관계없이, 결함의 도입 후에, 레이저 방사선, 바람직하게는 CO₂ 레이저의 입사 지점은 분리를 위해 분리 라인을 따라 적용될 응력을 야기하기 위해 분리 라인을 따라 기판 위로 이동될 수 있다. 이 단계는 또한 절단 단계로서 지칭되며, 상기 언급된 측정법에 의해 유리하게 수행된다.
- [0030] 절단 단계에 의해, 국부 열-기계적 응력은 이웃 필라멘트 결함 사이에 균열을 야기하기 위해, 즉, 균열을 통해 인접한 필라멘트 결함을 연결하기 위해, 분리 라인을 따라 기판에서, 즉, 특히 유리 요소 또는 실리콘 요소에서 유도된다.

- [0031] 이러한 방식으로, 천공은 적어도 부분적인 분리 슬릿을 형성하도록 완료될 수 있으며, 즉, 기관의 적어도 부분적인 분리 또는 단절은 분리 라인을 따라 달성될 수 있다. 바람직하게는, 완전 분리 슬릿이 야기된다.
- [0032] 상기 기재된 바와 같은 파단 응력 또는 에지 강도 세트에 의해, 성공적인 절단 단계에 대한 조건은 다수의 측면에서 최적화된다.
- [0033] 한편으로, 천공 라인의 분리는 심지어 상대적으로 낮은 열 팽창 계수 α 를 갖는 재료에서도 성공한다. 특히 $\alpha < 5 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$, 바람직하게는 $\alpha < 4.5 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$, 가장 바람직하게는 $\alpha < 4 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ 을 갖는 재료 또는 유리는 성공적으로 분리될 수 있다. 이는 하기에서 추가로 보다 상세하게 기재될 DOE 실험에 의해 입증되었다.
- [0034] 다른 한편으로, 천공 라인으로부터 레이저 스폿의 더 큰 측방 편향은 절단 단계 동안 허용될 수 있으며, 즉, CO₂ 레이저의 입사 지점의 위치 오차는 절단 단계 실패 없이 덜 정확한 것으로 허용된다. 통상적으로, 이러한 측방 편향은 500 μm 미만이어야 하지만, 본 발명의 방법은 유리하게는 3 mm 이하의 측방 편향을 용인하도록 허용한다. 이는 또한 하기에서 추가로 논의된 실험의 맥락에서, 특히 기재된 바와 같은 필라멘트로 제공된, 즉, 천공된 $\alpha < 4.5 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ 을 갖는 재료에 대해 입증되었다.
- [0035] 더욱이, 동일한 진행 속도에 의해, 유리하게는 절단에 사용된 레이저의 출력을 감소시키는 것이 또한 가능하다.
- [0036] 결함 발생은 바람직하게는 극초단파 레이저 펄스를 방출하는 레이저 (USP 레이저)의 사용에 의존한다. 레이저 펄스는 레이저 광과의 상호작용 구역에서 재료를 국부적으로 파괴함으로써 바람직하게는 시트형 기관을 가로질러 미리 정해진 분리 라인을 따라 정확하게 필라멘트 결함을 발생시킨다. 결함은 전형적으로 적합한 펄스 에너지 및 펄스 지속시간을 선택함으로써 영향받을 수 있는 길이를 갖는 한정된 선형 결함의 형태이다. 다수의 적절하게 이격된 필라멘트를 생성함으로써, 재료의 천공이 달성된다.
- [0037] 이러한 미세천공에 의해, 기관의 절삭에서 매우 높은 에지 품질이 달성된다. 따라서, 프로세스는 높고 한정된 에지 품질을 보장하는 정밀한 분리 방법이며, 따라서 특히 분리 후에 기관의 높고 한정된 에지 강도 또는 굽힘 강도를 초래한다. 달성된 품질은 특히 종종 에지의 후속 샌딩을 생략하는 것을 허용하기에 충분히 높다.
- [0038] 결함은 특히 소위 버스트 모드(burst mode)에서 극초단파 펄스형 레이저를 작동시키는 동안 발생한다. 이 작동 모드에서, 레이저 펄스는 단일 펄스로서 방출되지 않지만, 연속하여 신속하게 방출되는 펄스의 시퀀스로서 방출되어, 버스트로서 알려진 펄스 패킷을 함께 형성하고, 결함은 바람직하게는 하나의 버스트에 의해 발생된다.
- [0039] 이러한 펄스 패킷은 보통 통상적인 단일-샷 작동에서 단일 펄스보다 약간 더 큰 에너지를 갖는다. 그러나 버스트의 개별 펄스는 단일 펄스보다 유의하게 적은 에너지를 갖는다. 버스트 내의 펄스와 관련하여, 특히 펄스 에너지가 실질적으로 일정하게 유지되도록, 또는 펄스 에너지가 증가하도록 또는 펄스 에너지가 감소하도록, 유연하게 조정가능한 펄스 에너지가 제공될 수 있다.
- [0040] 본 발명에 따른 적합한 레이저원은 1064 나노미터의 파장을 갖는 네오디뮴-도핑된 이트륨-알루미늄-가넷 레이저이다.
- [0041] 레이저원은, 예를 들어, 12 mm의 $(1/e^2)$ 직경을 갖는 원시 빔을 발생시키고, 16 mm의 초점 길이를 갖는 양면 볼록 렌즈가 광학기기로 사용될 수 있다. 원시 빔을 발생시키기 위해, 갈릴레오식 망원경과 같은 적합한 빔-형성 광학기가 임의로 사용될 수 있다.
- [0042] 레이저원은 특히 1 kHz 내지 1000 kHz, 바람직하게는 10 kHz 내지 400 kHz, 가장 바람직하게는 30 kHz 내지 200 kHz의 반복률로 작동한다.
- [0043] 반복률 및/또는 주사율은 인접한 필라멘트 결함 사이에 바람직한 이격거리가 달성되도록 선택될 수 있다.
- [0044] 레이저 펄스의 적합한 펄스 지속시간은 100 피코초 미만, 바람직하게는 20 피코초 미만 범위 내이다.
- [0045] 레이저원의 전형적인 출력은 20 내지 300 와트 범위에서 가장 바람직하다. 본 발명의 하나의 유리한 실시양태에 따르면, 필라멘트 결함을 달성하기 위해, 400 마이크로줄 초과와 버스트 당 펄스 에너지, 더욱 유리하게는 500 마이크로줄 초과와 총 버스트 에너지가 사용된다.
- [0046] 극초단파 펄스형 레이저가 버스트 모드에서 작동될 때, 반복률은 버스트 방출의 반복률이다. 펄스 지속시간은 본질적으로 레이저가 단일-펄스 모드 또는 버스트 모드에서 작동하는지 여부와는 관계없다. 버스트 내의 펄스는 전형적으로 단일-펄스 모드의 펄스와 유사한 펄스 길이를 갖는다. 버스트 주파수는 구간 [15 MHz, 90

MHz], 바람직하게는 구간 [20 MHz, 85 MHz] 내일 수 있고, 예를 들어 50 MHz이며, 버스트의 펄스의 수는 1 내지 10 펄스 범위, 예를 들어 6 펄스일 수 있다.

- [0047] 본 발명의 맥락에서, 결함을 도입하기 위해, 이웃 결함 사이의 평균 이격거리 및 각각의 결함을 발생시키기 위한 레이저 펄스의 수는 파단 응력 σ_B 및 에지 강도 σ_K 와 관련하여 선택된다.
- [0048] 특히, 각각의 결함을 발생시키기 위한 레이저 펄스의 수는 구간 [1, 20], 바람직하게는 구간 [1, 10], 가장 바람직하게는 구간 [2, 8]로부터 선택된다.
- [0049] 이웃 결함 사이의 평균 이격거리는 특히 구간 [1 μm , 10 μm], 바람직하게는 구간 [3 μm , 8 μm], 가장 바람직하게는 구간 [5 μm , 7 μm]로부터 선택된다. 구간은 특히 연속적으로 이해되어야 하지만, 본 발명의 하나의 실시양태에서, 이들은 별도의 구간인 것으로 또한 의도될 수 있다. 바람직하게는, 이웃 결함 사이의 이격거리의 표준 편차는 1 μm 미만이다.
- [0050] 이들 이격거리에 의해, 특히 개별 필라멘트 사이에 제공된 > 5 μm , 바람직하게는 > 7 μm 의 비교적 큰 이격거리에 의해, 하기 추가로 논의된 시험 시리즈로부터 명백한 바와 같은, 필라멘트화에 의해 적합한 파단 응력을 조정하는 것이 가능하다.
- [0051] 이격거리가 증가하면 파단력이 꾸준히 증가할 수 있는 것으로 이전에 가정된 바 있으므로, 바람직하게는 비교적 큰 이격거리가 선택된다는 사실은 놀랍다. 그러나, 이 관계는 하기 제시된 바와 같이 입증되지 않았다. 파단력이 증가한다는 가정은 단지 8 μm 초과와 이격거리에 대해 적용되는 것으로 가정된다.
- [0052] 버스트와는 대조적으로, 이러한 효과 또는 버스트 이격거리는 또한 에지 거칠기에 긍정적인 영향을 미치므로, 필라멘트의 큰 이격거리가 특히 유리하다. 다시 말해서, 결함 사이의 큰 이격거리는 더 매끄러운 에지를 초래한다. 이와 관련하여, 필라멘트의 더 큰 이격거리의 선택이 유리하다. 더욱이, 더 높은 절삭 속도가 동일한 주파수의 레이저로 이러한 방식으로 달성될 수 있으므로, 이는 진행 속도에 긍정적인 영향을 미친다.
- [0053] 본 발명의 제1 보다 구체적인 실시양태에서, 기관의 재료는 구간 [$3 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$, $4 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$] 내의 열 팽창 계수, 구간 [69 kN/mm^2 , 76 kN/mm^2] 내의 영률, 및/또는 구간 [700°C, 800°C] 내의 유리 전이 온도를 갖는다.
- [0054] 이러한 제1 보다 구체적인 실시양태에서, 이웃 결함 사이의 평균 이격거리는 구간 [6 μm , 8 μm]로부터 선택되고, 각각의 결함을 발생시키기 위한 레이저 펄스의 수는 구간 [7, 9]로부터 선택된다.
- [0055] 본 발명의 제2 보다 구체적인 실시양태에서, 기관의 재료는 구간 [$7 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$, $8 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$] 내의 열 팽창 계수, 구간 [69 kN/mm^2 , 76 kN/mm^2] 내의 영률, 및/또는 구간 [500°C, 600°C] 내의 유리 전이 온도를 갖는다.
- [0056] 이러한 제2 보다 구체적인 실시양태에서, 이웃 결함 사이의 평균 이격거리는 구간 [6 μm , 8 μm]로부터 선택되고, 각각의 결함을 발생시키기 위한 레이저 펄스의 수는 구간 [1, 3]으로부터 선택된다.
- [0057] 본 발명의 제3 보다 구체적인 실시양태에서, 기관의 재료는 구간 [$3 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$, $4 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$] 내의 열 팽창 계수, 구간 [60 kN/mm^2 , 68 kN/mm^2] 내의 영률, 및/또는 구간 [500°C, 600°C] 내의 유리 전이 온도를 갖는다.
- [0058] 이러한 제3 보다 구체적인 실시양태에서, 이웃 결함 사이의 평균 이격거리는 구간 [4 μm , 8 μm]로부터 선택되고, 각각의 결함을 발생시키기 위한 레이저 펄스의 수는 구간 [7, 9]로부터 선택되거나; 또는 이웃 결함 사이의 평균 이격거리는 구간 [6 μm , 8 μm]로부터 선택되고, 각각의 결함을 발생시키기 위한 레이저 펄스의 수는 구간 [3, 5]로부터 선택된다.
- [0059] 3개의 상기 언급된 보다 구체적인 실시양태 및 임의로 이들 보다 구체적인 실시양태의 조합과는 관계없이, 기관은 특정한 유형의 유리 및/또는 유리 조성물의 재료를 포함할 수 있거나 또는 그로 제조될 수 있다.

[0060] 예를 들어, 기관은 하기 조성물(wt%)의 리튬 알루미늄오실리케이트 유리일 수 있다:

Composition	(wt%)
SiO ₂	55-69
Al ₂ O ₃	18-25
Li ₂ O	3-5
Na ₂ O + K ₂ O	0-30
MgO + CaO + SrO + BaO	0-5
ZnO	0-4
TiO ₂	0-5
ZrO ₂	0-5
TiO ₂ + ZrO ₂ + SnO ₂	2-6
P ₂ O ₅	0-8
F	0-1
B ₂ O ₃	0-2

[0061]

[0062] 임의로, 유리 층 또는 유리 시트에 자성, 광 또는 광학 기능을 부여하기 위해, 착색 산화물, 예컨대 Nd₂O₃, Fe₂O₃, CoO, NiO, V₂O₅, MnO₂, TiO₂, CuO, CeO₂, Cr₂O₃이 첨가될 수 있고, 0 내지 2 wt%의 As₂O₃, Sb₂O₃, SnO₂, SO₃, Cl, F, 및/또는 CeO₂가 정련제로서 첨가될 수 있고, 0 내지 5 wt%의 희토류 산화물이 추가로 첨가될 수 있으며, 총 조성물의 총 양은 100 w%이다.

[0063] 특히, 상기 언급된 조성물의 재료는 $3 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ 내지 $6 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ 또는 $3.3 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ 내지 $5.7 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ 의 열 팽창 계수를 가질 수 있다.

[0064] 바람직하게는, 리튬 알루미늄오실리케이트 유리는 하기 조성물(wt%)을 갖는다:

Composition	(wt%)
SiO ₂	57-66
Al ₂ O ₃	18-23
Li ₂ O	3-5
Na ₂ O + K ₂ O	3-25
MgO + CaO + SrO + BaO	1-4
ZnO	0-4
TiO ₂	0-4
ZrO ₂	0-5
TiO ₂ + ZrO ₂ + SnO ₂	2-6
P ₂ O ₅	0-7
F	0-1
B ₂ O ₃	0-2

[0065]

[0066] 임의로, 유리 층 또는 유리 시트에 자성, 광 또는 광학 기능을 부여하기 위해, 착색 산화물, 예컨대 Nd₂O₃, Fe₂O₃, CoO, NiO, V₂O₅, MnO₂, TiO₂, CuO, CeO₂, Cr₂O₃이 첨가될 수 있고, 0 내지 2 wt%의 As₂O₃, Sb₂O₃, SnO₂, SO₃, Cl, F, 및/또는 CeO₂가 정련제로서 첨가될 수 있고, 0 내지 5 wt%의 희토류 산화물이 추가로 첨가될 수 있으며, 총 조성물의 총 양은 100 w%이다.

[0067] 특히, 상기 언급된 조성물의 재료는 $4.5 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ 내지 $6 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ 또는 $4.76 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ 내지 $5.7 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ 의 열 팽창 계수를 가질 수 있다.

[0068] 보다 바람직하게는, 리튬 알루미늄오실리케이트 유리는 하기 조성물(wt%)을 갖는다:

Composition	(wt%)
SiO ₂	57-63
Al ₂ O ₃	18-22
Li ₂ O	3.5-5
Na ₂ O + K ₂ O	5-20
MgO + CaO + SrO + BaO	0-5
ZnO	0-3
TiO ₂	0-3
ZrO ₂	0-5
TiO ₂ + ZrO ₂ + SnO ₂	2-5
P ₂ O ₅	0-5
F	0-1
B ₂ O ₃	0-2

[0069]

[0070] 임의로, 유리 층 또는 유리 시트에 자성, 광 또는 광학 기능을 부여하기 위해, 착색 산화물, 예컨대 Nd₂O₃, Fe₂O₃, CoO, NiO, V₂O₅, MnO₂, TiO₂, CuO, CeO₂, Cr₂O₃이 첨가될 수 있고, 0 내지 2 wt%의 As₂O₃, Sb₂O₃, SnO₂, SO₃, Cl, F, 및/또는 CeO₂가 정련제로서 첨가될 수 있고, 0 내지 5 wt%의 희토류 산화물이 추가로 첨가될 수 있으며, 총 조성물의 총 양은 100 w%이다.

[0071] 특히, 상기 언급된 조성물의 재료는 $4 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ 내지 $8 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ 또는 $5 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ 내지 $7 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ 의 열 팽창 계수를 가질 수 있다. 또한, $-0.068 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ 내지 $1.16 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ 의 열 팽창 계수를 갖는 상응하는 유리 세라믹이 제공될 수 있다.

[0072] 추가 예에 따르면, 기관은 하기 조성물(wt%)의 소다 석회 유리일 수 있다:

Composition	(wt%)
SiO ₂	40-81
Al ₂ O ₃	0-6
B ₂ O ₃	0-5
Li ₂ O + Na ₂ O + K ₂ O	5-30
MgO + CaO + SrO + BaO + ZnO	5-30
TiO ₂ + ZrO ₂	0-7
P ₂ O ₅	0-2

[0073]

[0074] 임의로, 유리 층 또는 유리 시트에 자성, 광 또는 광학 기능을 부여하기 위해, 착색 산화물, 예컨대 Nd₂O₃, Fe₂O₃, CoO, NiO, V₂O₅, MnO₂, TiO₂, CuO, CeO₂, Cr₂O₃이 첨가될 수 있고, 0 내지 2 wt%의 As₂O₃, Sb₂O₃, SnO₂, SO₃, Cl, F, 및/또는 CeO₂가 정련제로서 첨가될 수 있고, 0 내지 5 wt%의 희토류 산화물이 추가로 첨가될 수 있으며, 총 조성물의 총 양은 100 w%이다.

[0075] 특히, 상기 언급된 조성물의 재료는 $5.25 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ 내지 $10 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ 또는 $5.53 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ 내지 $9.77 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ 의 열 팽창 계수를 가질 수 있다.

[0076] 바람직하게는, 소다 석회 유리는 하기 조성물(wt%)을 갖는다:

Composition	(wt%)
SiO ₂	50-81
Al ₂ O ₃	0-5
B ₂ O ₃	0-5
Li ₂ O + Na ₂ O + K ₂ O	5-28
MgO + CaO + SrO + BaO + ZnO	5-25
TiO ₂ + ZrO ₂	0-6
P ₂ O ₅	0-2

[0077]

[0078] 임의로, 유리 층 또는 유리 시트에 자성, 광 또는 광학 기능을 부여하기 위해, 착색 산화물, 예컨대 Nd₂O₃, Fe₂O₃, CoO, NiO, V₂O₅, MnO₂, TiO₂, CuO, CeO₂, Cr₂O₃이 첨가될 수 있고, 0 내지 2 wt%의 As₂O₃, Sb₂O₃, SnO₂, SO₃, Cl, F, 및/또는 CeO₂가 정련제로서 첨가될 수 있고, 0 내지 5 wt%의 희토류 산화물이 추가로 첨가될 수 있으며, 총 조성물의 총 양은 100 w%이다.

[0079] 특히, 상기 언급된 조성물의 재료는 $4.5 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ 내지 $11 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ 또는 $4.94 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ 내지 $10.25 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ 의 열 팽창 계수를 가질 수 있다.

[0080] 보다 바람직하게는, 소다 석회 유리는 하기 조성물(wt%)을 갖는다:

Composition	(wt%)
SiO ₂	55-76
Al ₂ O ₃	0-5
B ₂ O ₃	0-5
Li ₂ O + Na ₂ O + K ₂ O	5-25
MgO + CaO + SrO + BaO + ZnO	5-20
TiO ₂ + ZrO ₂	0-5
P ₂ O ₅	0-2

[0081]

[0082] 임의로, 유리 층 또는 유리 시트에 자성, 광 또는 광학 기능을 부여하기 위해, 착색 산화물, 예컨대 Nd₂O₃, Fe₂O₃, CoO, NiO, V₂O₅, MnO₂, TiO₂, CuO, CeO₂, Cr₂O₃이 첨가될 수 있고, 0 내지 2 wt%의 As₂O₃, Sb₂O₃, SnO₂, SO₃, Cl, F, 및/또는 CeO₂가 정련제로서 첨가될 수 있고, 0 내지 5 wt%의 희토류 산화물이 추가로 첨가될 수 있으며, 총 조성물의 총 양은 100 w%이다.

[0083] 특히, 상기 언급된 조성물의 재료는 $4.5 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ 내지 $11 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ 또는 $4.93 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ 내지 $10.25 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ 의 열 팽창 계수를 가질 수 있다.

[0084] 추가 예에 따르면, 기관은 하기 조성물(wt%)의 붕소실리케이트 유리이다:

Composition	(wt%)
SiO ₂	60-85
Al ₂ O ₃	0-10
B ₂ O ₃	5-20
Li ₂ O + Na ₂ O + K ₂ O	2-16
MgO + CaO + SrO + BaO + ZnO	0-15
TiO ₂ + ZrO ₂	0-5
P ₂ O ₅	0-2

[0085]

[0086] 임의로, 유리 층 또는 유리 시트에 자성, 광 또는 광학 기능을 부여하기 위해, 착색 산화물, 예컨대 Nd₂O₃,

Fe_2O_3 , CoO , NiO , V_2O_5 , MnO_2 , TiO_2 , CuO , CeO_2 , Cr_2O_3 이 첨가될 수 있고, 0 내지 2 wt%의 As_2O_3 , Sb_2O_3 , SnO_2 , SO_3 , Cl , F , 및/또는 CeO_2 가 정련제로서 첨가될 수 있고, 0 내지 5 wt%의 희토류 산화물이 추가로 첨가될 수 있으며, 총 조성물의 총 양은 100 w%이다.

[0087] 특히, 상기 언급된 조성물의 재료는 $2.75 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ 내지 $10 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ 또는 $3.0 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ 내지 $9.01 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ 의 열 팽창 계수를 가질 수 있다.

[0088] 보다 바람직하게는, 붕소실리케이트 유리는 하기 조성물(wt%)을 갖는다:

Composition	(wt%)
SiO_2	63-84
Al_2O_3	0-8
B_2O_3	5-18
$\text{Li}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$	3-14
$\text{MgO} + \text{CaO} + \text{SrO} + \text{BaO} + \text{ZnO}$	0-12
$\text{TiO}_2 + \text{ZrO}_2$	0-4
P_2O_5	0-2

[0089]

[0090] 임의로, 유리 층 또는 유리 시트에 자성, 광 또는 광학 기능을 부여하기 위해, 착색 산화물, 예컨대 Nd_2O_3 , Fe_2O_3 , CoO , NiO , V_2O_5 , MnO_2 , TiO_2 , CuO , CeO_2 , Cr_2O_3 이 첨가될 수 있고, 0 내지 2 wt%의 As_2O_3 , Sb_2O_3 , SnO_2 , SO_3 , Cl , F , 및/또는 CeO_2 가 정련제로서 첨가될 수 있고, 0 내지 5 wt%의 희토류 산화물이 추가로 첨가될 수 있으며, 총 조성물의 총 양은 100 w%이다.

[0091] 특히, 상기 언급된 조성물의 재료는 $2.5 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ 내지 $8 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ 또는 $2.8 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ 내지 $7.5 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ 의 열 팽창 계수를 가질 수 있다.

[0092] 보다 더 바람직하게는, 붕소실리케이트 유리는 하기 조성물(wt%)을 갖는다:

Composition	(wt%)
SiO_2	63-83
Al_2O_3	0-7
B_2O_3	5-18
$\text{Li}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$	4-14
$\text{MgO} + \text{CaO} + \text{SrO} + \text{BaO} + \text{ZnO}$	0-10
$\text{TiO}_2 + \text{ZrO}_2$	0-3
P_2O_5	0-2

[0093]

[0094] 임의로, 유리 층 또는 유리 시트에 자성, 광 또는 광학 기능을 부여하기 위해, 착색 산화물, 예컨대 Nd_2O_3 , Fe_2O_3 , CoO , NiO , V_2O_5 , MnO_2 , TiO_2 , CuO , CeO_2 , Cr_2O_3 이 첨가될 수 있고, 0 내지 2 wt%의 As_2O_3 , Sb_2O_3 , SnO_2 , SO_3 , Cl , F , 및/또는 CeO_2 가 정련제로서 첨가될 수 있고, 0 내지 5 wt%의 희토류 산화물이 추가로 첨가될 수 있으며, 총 조성물의 총 양은 100 w%이다.

[0095] 특히, 상기 언급된 조성물의 재료는 $3.0 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ 내지 $8 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ 또는 $3.18 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ 내지 $7.5 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ 의 열 팽창 계수를 가질 수 있다.

[0096] 추가 예에 따르면, 기판은 하기 조성물(wt%)의 알칼리 금속 알루미늄실리케이트 유리이다:

Composition	(wt%)
SiO ₂	40-75
Al ₂ O ₃	10-30
B ₂ O ₃	0-20
Li ₂ O + Na ₂ O + K ₂ O	4-30
MgO + CaO + SrO + BaO + ZnO	0-15
TiO ₂ + ZrO ₂	0-15
P ₂ O ₅	0-10

[0097]

[0098] 임의로, 유리 층 또는 유리 시트에 자성, 광 또는 광학 기능을 부여하기 위해, 착색 산화물, 예컨대 Nd₂O₃, Fe₂O₃, CoO, NiO, V₂O₅, MnO₂, TiO₂, CuO, CeO₂, Cr₂O₃이 첨가될 수 있고, 0 내지 2 wt%의 As₂O₃, Sb₂O₃, SnO₂, SO₃, Cl, F, 및/또는 CeO₂가 정련제로서 첨가될 수 있고, 0 내지 5 wt%의 희토류 산화물이 추가로 첨가될 수 있으며, 총 조성물의 총 양은 100 w%이다.

[0099] 특히, 상기 언급된 조성물의 재료는 $3.0 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ 내지 $11 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ 또는 $3.3 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ 내지 $10 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ 의 열 팽창 계수를 가질 수 있다.

[0100] 보다 바람직하게는, 알칼리 금속 알루미늄실리케이트 유리는 하기 조성물(wt%)을 갖는다:

Composition	(wt%)
SiO ₂	50-70
Al ₂ O ₃	10-27
B ₂ O ₃	0-18
Li ₂ O + Na ₂ O + K ₂ O	5-28
MgO + CaO + SrO + BaO + ZnO	0-13
TiO ₂ + ZrO ₂	0-13
P ₂ O ₅	0-9

[0101]

[0102] 임의로, 유리 층 또는 유리 시트에 자성, 광 또는 광학 기능을 부여하기 위해, 착색 산화물, 예컨대 Nd₂O₃, Fe₂O₃, CoO, NiO, V₂O₅, MnO₂, TiO₂, CuO, CeO₂, Cr₂O₃이 첨가될 수 있고, 0 내지 2 wt%의 As₂O₃, Sb₂O₃, SnO₂, SO₃, Cl, F, 및/또는 CeO₂가 정련제로서 첨가될 수 있고, 0 내지 5 wt%의 희토류 산화물이 추가로 첨가될 수 있으며, 총 조성물의 총 양은 100 w%이다.

[0103] 특히, 상기 언급된 조성물의 재료는 $3.75 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ 내지 $11 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ 또는 $3.99 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ 내지 $10.22 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ 의 열 팽창 계수를 가질 수 있다.

[0104] 보다 더 바람직하게는, 알칼리 알루미늄실리케이트 유리는 하기 조성물(wt%)을 갖는다:

Composition	(wt%)
SiO ₂	55-68
Al ₂ O ₃	10-27
B ₂ O ₃	0-15
Li ₂ O + Na ₂ O + K ₂ O	4-27
MgO + CaO + SrO + BaO + ZnO	0-12
TiO ₂ + ZrO ₂	0-10
P ₂ O ₅	0-8

[0105]

[0106] 임의로, 유리 층 또는 유리 시트에 자성, 광 또는 광학 기능을 부여하기 위해, 착색 산화물, 예컨대 Nd₂O₃,

Fe_2O_3 , CoO , NiO , V_2O_5 , MnO_2 , TiO_2 , CuO , CeO_2 , Cr_2O_3 이 첨가될 수 있고, 0 내지 2 wt%의 As_2O_3 , Sb_2O_3 , SnO_2 , SO_3 , Cl , F , 및/또는 CeO_2 가 정련제로서 첨가될 수 있고, 0 내지 5 wt%의 희토류 산화물이 추가로 첨가될 수 있으며, 총 조성물의 총 양은 100 w%이다.

[0107] 특히, 상기 언급된 조성물의 재료는 $4.0 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ 내지 $10 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ 또는 $4.5 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ 내지 $9.08 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ 의 열 팽창 계수를 가질 수 있다.

[0108] 추가 예에 따르면, 기판은 하기 조성물(wt%)의 저알칼리 알루미늄실리케이트 유리이다:

Composition	(wt%)
SiO_2	50-75
Al_2O_3	7-25
B_2O_3	0-20
$\text{Li}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$	0-4
$\text{MgO} + \text{CaO} + \text{SrO} + \text{BaO} + \text{ZnO}$	5-25
$\text{TiO}_2 + \text{ZrO}_2$	0-10
P_2O_5	0-5

[0109]

[0110] 임의로, 유리 층 또는 유리 시트에 자성, 광 또는 광학 기능을 부여하기 위해, 착색 산화물, 예컨대 Nd_2O_3 , Fe_2O_3 , CoO , NiO , V_2O_5 , MnO_2 , TiO_2 , CuO , CeO_2 , Cr_2O_3 이 첨가될 수 있고, 0 내지 2 wt%의 As_2O_3 , Sb_2O_3 , SnO_2 , SO_3 , Cl , F , 및/또는 CeO_2 가 정련제로서 첨가될 수 있고, 0 내지 5 wt%의 희토류 산화물이 추가로 첨가될 수 있으며, 총 조성물의 총 양은 100 w%이다.

[0111] 특히, 상기 언급된 조성물의 재료는 $2.5 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ 내지 $7 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ 또는 $2.8 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ 내지 $6.5 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ 의 열 팽창 계수를 가질 수 있다.

[0112] 보다 바람직하게는, 저알칼리 알루미늄실리케이트 유리는 하기 조성물(wt%)을 갖는다:

Composition	(wt%)
SiO_2	52-73
Al_2O_3	7-23
B_2O_3	0-18
$\text{Li}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$	0-4
$\text{MgO} + \text{CaO} + \text{SrO} + \text{BaO} + \text{ZnO}$	5-23
$\text{TiO}_2 + \text{ZrO}_2$	0-10
P_2O_5	0-5

[0113]

[0114] 임의로, 유리 층 또는 유리 시트에 자성, 광 또는 광학 기능을 부여하기 위해, 착색 산화물, 예컨대 Nd_2O_3 , Fe_2O_3 , CoO , NiO , V_2O_5 , MnO_2 , TiO_2 , CuO , CeO_2 , Cr_2O_3 이 첨가될 수 있고, 0 내지 2 wt%의 As_2O_3 , Sb_2O_3 , SnO_2 , SO_3 , Cl , F , 및/또는 CeO_2 가 정련제로서 첨가될 수 있고, 0 내지 5 wt%의 희토류 산화물이 추가로 첨가될 수 있으며, 총 조성물의 총 양은 100 w%이다.

[0115] 특히, 상기 언급된 조성물의 재료는 $2.5 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ 내지 $7 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ 또는 $2.8 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ 내지 $6.5 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ 의 열 팽창 계수를 가질 수 있다.

[0116] 보다 더 바람직하게는, 저알칼리 알루미늄노실리케이트 유리는 하기 조성물(wt%)을 갖는다:

Composition	(wt%)
SiO ₂	53-71
Al ₂ O ₃	7-22
B ₂ O ₃	0-18
Li ₂ O + Na ₂ O + K ₂ O	0-4
MgO + CaO + SrO + BaO + ZnO	5-22
TiO ₂ + ZrO ₂	0-8
P ₂ O ₅	0-5

[0117]

[0118] 임의로, 유리 층 또는 유리 시트에 자성, 광 또는 광학 기능을 부여하기 위해, 착색 산화물, 예컨대 Nd₂O₃, Fe₂O₃, CoO, NiO, V₂O₅, MnO₂, TiO₂, CuO, CeO₂, Cr₂O₃이 첨가될 수 있고, 0 내지 2 wt%의 As₂O₃, Sb₂O₃, SnO₂, SO₃, Cl, F, 및/또는 CeO₂가 정련제로서 첨가될 수 있고, 0 내지 5 wt%의 희토류 산화물이 추가로 첨가될 수 있으며, 총 조성물의 총 양은 100 w%이다.

[0119] 특히, 상기 언급된 조성물의 재료는 $2.5 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ 내지 $7 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ 또는 $2.8 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ 내지 $6.5 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ 의 열 팽창 계수를 가질 수 있다.

[0120] 기관은 또한 350 μm 미만, 바람직하게는 250 μm 미만, 보다 바람직하게는 100 μm 미만, 가장 바람직하게는 50 μm 미만, 및 바람직하게는 적어도 3 μm , 보다 바람직하게는 적어도 10 μm , 가장 바람직하게는 적어도 15 μm 의 두께를 가질 수 있다. 기관의 바람직한 두께는 5, 10, 15, 25, 30, 35, 50, 55, 70, 80, 100, 130, 145, 160, 190, 210, 또는 280 μm 이다. 기관은 특히 얇은 유리 리본 또는 유리 필름의 형태로 제공될 수 있다.

[0121] 따라서, 보다 일반적으로, 본 발명은 하기 방법 단계를 포함하는, 기관, 특히 취성-경질 재료, 특히 유리, 유리 세라믹, 및/또는 실리콘으로 제조된 기관을 분리하는 방법에 관한 것이다:

[0122] (a) 적어도 하나의 기지의 재료 파라미터, 특히 열 팽창 계수, 열률, 및/또는 유리 전이 온도 중 하나, 및/또는 적어도 하나의 기지의 기관 특성, 특히 적어도 하나의 기관 표면의 예를 들어 레이저 광에 대한 투과율, 및/또는 평균 거칠기 R_a 를 갖는, 적어도 하나의 시트형 기관, 특히 유리 요소, 유리 세라믹 요소 또는 실리콘 요소를 제공하는 단계;

[0123] (b) 적어도 하나의 프로세스 파라미터, 특히 결함의 이격거리, 레이저 펄스의 수, 및/또는 버스트 주파수를, 적어도 하나의 기지의 재료 파라미터 및/또는 적어도 하나의 기지의 기관 특성의 함수로서 한정하는 단계; 및

[0124] (c) 결함을 적어도 하나의 미리 정해진 프로세스 파라미터에 따른 레이저의 레이저 펄스를 사용하여 미리 정해진 분리 라인을 따라 서로 이격거리를 두고 상기 기관 내로 도입하는 단계.

[0125] 바람직하게는 기관이 특히 펄스형 레이저 빔에 대해, 70% 초과, 바람직하게는 80% 초과, 가장 바람직하게는 85% 초과,의 투과율을 갖는 것이 고려될 수 있다. 더욱이, 평균 거칠기 R_a 는 바람직하게는 0.5 μm 미만, 보다 바람직하게는 0.4 μm 미만, 가장 바람직하게는 0.35 μm 미만이다.

[0126] 본 발명은 또한 워크피스가 분리 라인을 따라 서로 이격거리를 두고 결함을 갖도록 하는 방식으로 분리 라인을 따라 사전손상된(pre-damaged) 워크피스, 특히 유리 제품, 유리 세라믹 제품 또는 실리콘 제품에 관한 것이며, 여기서 분리 라인을 따라 워크피스를 분리하기 위한 파단 응력 σ_B 는 각각의 워크피스에 따른 제1 참조 응력 σ_{R1} 보다 더 작고, 분리 후에 수득된 분리 에지의 에지 강도 σ_K 는 각각의 워크피스에 따른 제2 참조 응력 σ_{R2} 보다 더 크다.

[0127] 제1 및 제2 참조 응력 둘 다는 워크피스의 재료에 따른 최대 열 응력, $\sigma_{R1} = \sigma_{R2} = \sigma_{th}$ 로서 제시될 수 있고, 최대 열 응력 σ_{th} 는 특히 식 $\sigma_{th} = 0.5 \cdot \alpha \cdot E \cdot (T_g - 100^\circ\text{C})$ 에 따라 결정될 수 있다.

[0128] 바람직한 실시양태에서, $\sigma_{R1} \leq C_{R1} \cdot \alpha \cdot E \cdot (T_g - 100^\circ\text{C})$ 는 제1 참조 응력에 적용될 수 있고, $\sigma_{R2} \geq C_{R2} \cdot \alpha$

$\cdot E \cdot (T_g - 100^\circ\text{C})$ 는 제2 참조 응력에 적용될 수 있으며, 상기 C_{R1} 및 C_{R2} 는 참조 응력 계수이며, $C_{R1} = 0.5/k$ 및 $C_{R2} = 0.5 \cdot k$ 이며, $k = 1.5$, 바람직하게는 $k = 2$, 보다 바람직하게는 $k = 2.5$ 이다.

[0129] 상기 기재된 워크피스는 바람직하게는 강화되지 않았다. 그러나, 강화된 워크피스, 특히 유리로 제조된 워크피스가 또한 제공될 수 있으며, 이 경우에 제1 및 제2 참조 응력은 동일하고 강화된 워크피스의 특성에 의해 한정된 내부 인장 응력 σ_{CT} 로서 제시되며, 즉 $\sigma_{R1} = \sigma_{R2} = \sigma_{CT}$ 이다. 워크피스는 특히 화학적으로 강화될 수 있으며, 이 경우에 내부 인장 응력 σ_{CT} 는 식 $\sigma_{CT} = (\sigma_{CS} \cdot d_L)/(d-2d_L)$ 에 따라 결정될 수 있다. 워크피스는 또한 열적으로 강화될 수 있으며, 이 경우에 내부 인장 응력 σ_{CT} 는 식 $\sigma_{CT} = \sigma_{CS}/2$ 에 따라 결정될 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0130] 이제 첨부된 도면을 참조할 것이다. 도면에서, 동일한 참조 번호는 동일하거나 등가인 요소를 나타낸다.

도 1은 이웃 결합 사이의 상이한 이격거리 A 및 각각의 결합을 발생시키기 위한 레이저 펄스 사이의 상이한 수 L에 대해, 분리 라인을 따라 결합을 갖는 SCHOTT AF32[®] 유리에 대한 파단 응력 σ_B 및 에지 강도 σ_K (MPa)의 시험 결과를 도시한다.

도 2는 이웃 결합 사이의 상이한 이격거리 A 및 각각의 결합을 발생시키기 위한 레이저 펄스 사이의 상이한 수 L에 대해, 분리 라인을 따라 결합을 갖는 SCHOTT D263[®] 유리에 대한 파단 응력 σ_B 및 에지 강도 σ_K (MPa)의 시험 결과를 도시한다.

도 3은 이웃 결합 사이의 상이한 이격거리 A 및 각각의 결합을 발생시키기 위한 레이저 펄스 사이의 상이한 수 L에 대해, 분리 라인을 따라 결합을 갖는 SCHOTT BOROFLOAT[®] 33 유리에 대한 파단 응력 σ_B 및 에지 강도 σ_K (MPa)의 시험 결과를 도시한다.

도 4는 이웃 결합 사이의 상이한 이격거리 A 및 각각의 결합을 발생시키기 위한 레이저 펄스 사이의 상이한 수 L에 대해, 분리 라인을 따라 결합을 갖는 SCHOTT BOROFLOAT[®] 33 유리에 대한 에지 거칠기 (MPa)의 시험 결과를 도시한다.

도 5는 서로 교차하는 2개의 분리 라인을 갖는 워크피스를 도시한다.

도 6은 교차 분리 라인의 2개의 세트를 갖는 워크피스를 도시한다.

도 7은 워크피스로부터 분리된 요소를 도시한다.

도 8은 스트립 방식으로 분리된 워크피스와 함께 보유하기 위한 웹을 갖는, 도 6의 예시적인 실시양태의 변형을 도시한다.

도 9 및 10은 스트립 방식으로 분리된 워크피스와 함께 보유하기 위한 프레임을 갖는, 도 6의 예시적인 실시양태의 변형을 도시한다.

도 11은 캐리어 기판 상의 워크피스를 도시한다.

도 12는 다수의 부분들로 세분된 워크피스의 실시양태를 도시한다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0131] 도 1 내지 3을 참조하면, 3개의 상이한 유리, 즉 SCHOTT AF32[®](도 1), SCHOTT D263[®](도 2), 및 SCHOTT BOROFLOAT[®] 33(도 3)에 대한 DOE 시리즈 시험의 결과가 도시되어 있다.

[0132] 이는 예의 선택을 나타낸다. 보다 일반적으로, 본 발명은 특히 유리, 유리 세라믹, 및/또는 실리콘을 필라멘트화하여 제조된 다양한 기판에 대해, 특히 심지어 낮은 열 팽창 계수를 갖는 재료에 대해서도 사용될 수 있다.

[0133] 필라멘트화는 이들 유리의 다수의 샘플의 각각에 대해 수행되었으며, 즉, 이격된 결합은 레이저의 레이저 펄스에 의해 분리 라인을 따라 각각의 샘플의 체적 내에 도입되었다.

- [0134] SCHOTT AF32[®] 또는 SCHOTT D263[®]로 제조된 샘플의 경우에, 대략 100 μm 의 기판 두께가 특히 선택되었고, SCHOTT BOROFLOAT[®] 33으로 제조된 샘플의 경우에, 대략 1 mm의 기판 두께가 특히 선택되었다.
- [0135] 필라멘트화 후에, 필라멘트화된 분리 라인에 대해 유리의 파단 강도 σ_B 는 각각의 경우에 시험되었다. 다시 말해서, 샘플은 분리 라인을 따라 분리되었고, 분리에 필요한 파괴 응력은 측정되고 기록되었다. 재료의 두께에 따라, DIN EN 843-1(더 두꺼운 유리)에 따른 4-점 굽힘 강도 시험 방법이 수행되었거나, 또는 파단 강도는 스톱 볼러를 사용하여 DE 10 2014 110 855 A1(더 얇은 유리)에 따라 결정되었다. DE 10 2014 110 855 A1은 취성 재료의 얇은 리본의 에지의 파단 강도를 결정하는 방법 및 장치를 기재하고 있다.
- [0136] 다음 단계에서, 분리 후에 수득된 분리 에지는 각각의 샘플에서 그의 강도에 대해 시험되었다. 각각의 에지 강도 σ_K 를 결정하기 위해, 샘플은 재료의 두께에 따라, DIN EN 843-1(더 두꺼운 유리)에 따른 방법 또는 DE 10 2014 110 855 A1(더 얇은 유리)에 따른 방법에 의해 다시 시험되었고, 측정된 결과는 기록되었다.
- [0137] 이러한 방식으로 수득된 파단 응력 σ_B 및 에지 강도 σ_K 는 도 1 내지 3에서 MPa의 단위로 종축에 플롯팅된다. 다이어그램의 아래에 파단 응력 σ_B 는 B로 표시되고, 에지 강도 σ_K 는 따라서 K로 표시된다.
- [0138] 더욱이, 레이저 필라멘트화는 상이한 파라미터로 수행되었으며, 즉 상이한 천공된 샘플이 생성되었다. 이웃 결합 사이의 이격거리, 뿐만 아니라 각각의 결합을 생성하기 위한 레이저 펄스의 수는 달라졌다. 이들 파라미터는 샘플에 대해 설정되었고, 각각의 경우에 특정 샘플의 필라멘트화 동안 일정하게 유지되었다.
- [0139] 따라서, 도 1 내지 3은 횡축에 플롯팅된, 레이저 필라멘트화의 상이한 파라미터에 대한 파단 응력 σ_K 및 에지 강도 K를 도시한다. 여기서, 이웃 결합 사이의 이격거리(마이크로미터)는 A로 표시되고, 각각의 결합을 발생시키기 위한 레이저 펄스의 수는 L로 표시된다.
- [0140] 제시된 실험 결과에 기초하여, 분리 라인을 따라 분리하기 위한 파단 응력 σ_K 및 분리 후에 수득된 분리 에지의 에지 강도 σ_K 와 관련하여 필라멘트화 프로세스 파라미터 A 및 L을 설정하기 위해, 필라멘트화 후 절단 단계가 특히 유리한 것으로 입증될 수 있다.
- [0141] 하기 입증될 수 있는 것은, 특히, 분리 라인을 따라 유리를 분리하기 위한 파단 응력 σ_K 이 각각의 유리에 따른 제1 참조 응력 σ_{R1} 보다 더 작도록 하고, 분리 후에 에지 강도 σ_K 가 각각의 유리에 따른 제2 참조 응력 σ_{R2} 보다 더 크도록 설정하는 것이 특히 유리한 것으로 증명된 발견이다. 예를 들어, $\sigma_{R1} = \sigma_{R2} = \sigma_{th}$ 를 보유하는 경우에 특히 유리한 것으로 밝혀진 바 있으며, 여기서 σ_{th} 는 예를 들어 $\sigma_{th} = 0.5 \cdot \alpha \cdot E \cdot (T_g - 100^\circ\text{C})$ 로서 가정될 수 있는 최대 열 응력이다.
- [0142] 도 1 내지 3에서, 각각의 유리에 대해 그렇게 결정된 최대 열 응력 $0.5 \cdot \alpha \cdot E \cdot (T_g - 100^\circ\text{C})$ 가 계산되었고, 수평선으로서 플롯팅된다.
- [0143] 이는 모든 3개의 유리, 즉 SCHOTT AF32[®](도 1), SCHOTT D263[®](도 2), 및 SCHOTT BOROFLOAT[®] 33(도 3)에 대한 것을 나타내며, 이 값은 측정된 파단 응력 σ_B 및 에지 강도 σ_K 의 대략적 크기이고, 따라서 이 값과 관련하여 최적화된 방식으로 프로세스 파라미터 A 및 L을 선택할 가능성이 발생한다.
- [0144] SCHOTT AF32[®] 유리에 관한 도 1에 도시된 시험 결과로부터, 특히 7 μm 의 결합 이격거리와 8개 레이저 펄스의 수의 조합이, 특히 값 $0.5 \cdot \alpha \cdot E \cdot (T_g - 100^\circ\text{C})$ 에 대해, 파단 응력 σ_B 를 최소화하고 다른 한편으로 에지 강도 σ_K 를 최대화하기 위해, 특히 적합하다는 것을 볼 수 있다.
- [0145] SCHOTT 유리 D263[®]의 경우에, 7 μm 의 결합 이격거리와 2개 레이저 펄스의 수의 조합이 특히 적합한 파라미터를 구성한다는 것을 도 2로부터 볼 수 있다.
- [0146] SCHOTT 유리 BOROFLOAT[®] 33의 경우에, 4개 펄스의 수 및 7 μm 의 결합 이격거리의 조합 또는 8개 펄스의 수 및 5 μm 또는 7 μm 의 결합 이격거리의 조합이 특히 적합한 파라미터인 것을 도 3으로부터 볼 수 있다.
- [0147] 따라서, 파단 응력 면에서 필라멘트를 최적화함으로써, 열적으로 유도된 응력에 의한 후속 분리 프로세스(절단

단계)가 최적화된 방식으로 수행될 수 있다.

- [0148] 상기 시험은 특히, 놀랍게도, 더 큰 이격거리의 천공이 재료에 걸쳐, 분리가능성에 대해 유리할 수 있다는 것을 도시한다.
- [0149] 이는 더 높은 프로세스 신뢰성을 포함하며: 심지어 한계 프로세스 윈도우, 즉 이전에 선행 기술에 따라 확실하게 수행될 수 없었던 파라미터 범위를 갖는 프로세스로, 기관은 본 발명에 따른 방법으로 확실하게 분리될 수 있다.
- [0150] 더욱이, 레이저는 감소된 출력으로 작동될 수 있고/있거나, 레이저의 변위 속도(진행 속도)는 조정될 수 있고, 특히 증가될 수 있다. 예를 들어, 5 μm 의 천공 이격거리를 갖는 재료 및 40 mm/s의 진행 속도를 갖는 프로세스 설정의 경우에, 레이저 출력을 110 W에서 75 W로 감소시키는 것이 가능하였다.
- [0151] 하나의 적용 예에서, $3.3 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ 의 CTE를 갖는, 1 mm 두께의 SCHOTT BOROFLOAT[®] 33으로 제조된 샘플은 각각의 결함을 생성하기 위해, 300 kHz 및 2100 mm/s의 진행 속도로 7 μm 의 결함 이격거리 및 6개 레이스 펄스로 필라멘트화되었다.
- [0152] 분리 에지의 성형과 관련하여 또 다른 이점이 발생한다. 절단 단계 동안 더 낮은 응력으로 인해, 더 복잡한 기하학적 구조, 예를 들어 더 작은 코너 반지름이 생성될 수 있다.
- [0153] 더욱이, 에지 품질은 향상될 수 있으며: 에지에서의 칩핑(chipping) 또는 미세균열은 회피되거나 또는 시각적으로도 현미경으로도 인지할 수 없다. 이는 에지 강도에 대해 특히 긍정적인 효과를 갖는다.
- [0154] 예로써, 도 4는 다양한 프로세스 파라미터에 대해 1 mm 두께의 SCHOTT BOROFLOAT[®] 33에 대한 에지 거칠기를 도시한다. 레이저 펄스의 수 L은 이 도면에서 버스트에 의해 나타낸다. 이는 동일한 수의 레이저 펄스로, 에지 거칠기가 결함의 이격거리를 증가시키면서 감소된다는 것을 볼 수 있다.
- [0155] 하기 표에서, 상기 언급된 Schott 유리 AF32[®], D263[®], 및 BOROFLOAT[®] 33의 특성이 보다 상세하게 열거된다.

표 1

[0156]	기술적 데이터:	
	치수:	원형 및 정사각형 사용자 지정 크기 웨이퍼 포맷, 예를 들어 6'', 8'', 또는 12''
	표면 거칠기	< 1 nm RMS
	두께	0.03 mm 내지 1.1 mm
	표준 두께	0.3 mm, 0.4 mm
	시감 투과율 $t_{n065}(d = 0.5 \text{ mm})$	91.9%
	평균 선형 열 팽창 계수 $\alpha(20^\circ\text{C}; 300^\circ\text{C})$ (정적 측정)	$3.2 \cdot 10^{-4} \text{ K}^{-1}$
	변태 온도 T_g	717°C
	1MHz에서의 유전율 ϵ_r	5.1
	굴절률 n_D	1.5099
	밀도 $\rho(40^\circ\text{C/h로 어닐링됨})$	2.43 g/cm^3

[0157] 표 1: SCHOTT AF32[®]의 특성

[0158] SCHOTT AF32[®]의 영률은 74.8 kN/mm^2 인 것으로 추정된다.

표 2

기술적 데이터	
치수	440 mm x 360 mm, 다른 크기 필요한 경우
표면 거칠기	< 1 nm RMS
두께	0.03 mm 내지 1.1 mm
표준 두께 및 패키징 단위	0.21 mm 100 pcs 0.30 mm 100 pcs 0.40 mm 50 pcs 0.55 mm 50pcs
시감 투과율 $t_{n065}(d = 0.5 \text{ mm})$	91.7%
평균 선형 열 팽창 계수 $\alpha(20^{\circ}\text{C}; 300^{\circ}\text{C})$ (정적 측정)	$7.2 \cdot 10^{-4} \text{ K}^{-1}$
변태 온도 T_g	557°C
1MHz에서의 유전율 ϵ_r	6.7
굴절률 n_D	1.5230
밀도 $\rho(40^{\circ}\text{C/h로 어닐링됨})$	2.51 g/cm^3

표 2: SCHOTT 유리 D263[®]의 특성

SCHOTT D263[®]의 영률은 72.9 kN/mm^2 인 것으로 추정된다.

표 3

선형 열 팽창 계수(C.T.E.)	$\alpha_{(20/300^{\circ}\text{C})}$	$3.25 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ (ISO 7991에 따름)	
비열 용량	$C_{(20/100^{\circ}\text{C})}$	$0.83 \text{ KJ} \times (\text{kg} \times \text{K})^{-1}$	
열 전도율	$\lambda_{(90^{\circ}\text{C})}$	$1.2 \text{ W} \times (\text{m} \times \text{K})^{-1}$	
점도 η			
작업점	10^4	dPa · s	1270℃
연화점	$10^{7.6}$	dPa · s	820℃
어닐링점	10^{13}	dPa · s	560℃
스트레인점	$10^{14.5}$	dPa · s	518℃
변태 온도(T_g)			525℃

표 3: SCHOTT BOROFLOAT[®] 33의 특성

SCHOTT BOROFLOAT[®] 33의 영률은 64 kN/mm^2 인 것으로 추정된다.

교차 분리 라인이 제공될 때, 균열이 단절 동안 미리 정해진 분리 라인을 따르지 않고 떨어져 나가거나, 또는 균열이 시작하지 않거나 중단되는 문제가 악화된다. 열적으로 유도된 응력에 의해, 서로에 대해 각을 이루어 배열된 분리 라인을 갖고 필라멘트로 이루어진 기관을 분리할 때, 분리 라인의 교차점에서 종종 발생하는 상기 문제는 잠재적으로 모든 방향에서 균열이 진행된다는 점이다. 나중에 다중 부분으로 분리되거나 단일화되기 위한 다중-단계 프로세스(예를 들어 세척, 코팅 등의 중간 단계 포함)의 맥락에서 분리 라인이 파단을 위한 준비로서 사용되는 경우에, 예비-프로세스된 기관은 종종 분리 라인의 교차점에서 초기 균열이 생긴다. 이러한 경우에, 나중에 (예를 들어 세척 및 코팅과 같은 추가 프로세스 단계 후에) 분리될 분리 라인은 또한 초기 균열 형성을 겪는다. 이는 분리 라인이 추가 프로세싱 동안 비제어된 방식으로 파단될 위험을 증가시킨다.

- [0166] 이러한 경우에도, 정확하게 설정된 파단 응력으로 인해, 후자가 이격된 결함의 추가 분리 라인에 의해 교차된 경우에도, 본 발명은 일반적으로 의도된 라인을 따라 분리를 가능하게 하는데 특히 적합하다. 따라서, 본 발명의 하나의 실시양태에 따르면, 본 발명에 따른 워크피스가 이격된 결함의 적어도 2개의 교차 분리 라인을 갖거나, 또는 이격된 결함을 갖는 적어도 2개의 교차 분리 라인이 기관에서 발생되는 것으로 고려된다.
- [0167] 교차 분리 라인의 경우에, 상이한 응력 수준에 의해 분리될 수 있는 상이한 분리 라인을 갖는 워크피스를 제공하는 것이 유리하다.
- [0168] 보다 일반적으로, 특정한 예시적인 실시양태로 제한되지 않으면서, 적어도 2개의 교차 분리 라인을 따라 사전순 상된 워크피스, 특히 유리 제품, 유리 세라믹 제품, 및/또는 실리콘 제품이 본 발명의 추가 측면에 따라 제공에서, 상기 워크피스가 분리 라인을 따라 파단 응력을 적용함으로써 분리될 수 있도록 하고, 여기서 분리 또는 변형 라인을 따라 단절하기 위한 파단 응력은 적어도 3 MPa, 바람직하게는 적어도 5 MPa, 보다 바람직하게는 적어도 10 MPa 만큼 상이하다.
- [0169] 먼저 분리될 분리 라인의 주요 구조가 나중에 분리될 분리 라인보다 유의하게 더 낮은 응력을 갖는 경우에 특히 유리하다.
- [0170] 보다 일반적으로, 워크피스가 다시 분리 라인을 따라 이격된 결함을 갖고, 분리 라인을 따라 워크피스를 분리하기 위한 파단 응력 σ_B 가 각각의 워크피스에 따른 제1 참조 응력 σ_{R1} 보다 더 작고, 분리 후에 수득된 분리 에지의 에지 강도 σ_R 가 각각의 워크피스에 따른 제2 참조 응력 σ_{R2} 보다 더 큰 것이 바람직하다. 따라서, 다른 분리 라인의 파단 응력은 이어서 적어도 3 MPa 만큼 더 높거나 더 낮을 것이다. 가장 바람직하게는, 이러한 제 2 파단 응력은 더 높다.
- [0171] 상이한 파단 응력은 바람직하게는 극초단파 펄스형 레이저에 의해 생성된 분리 라인에 대해 본원에 기재된 모든 특징이 또한 교차 분리 라인을 갖는 이 실시양태에 적용되도록 레이저 파라미터를 변경함으로써 설정될 수 있다. 그러나, 다른 방식으로 교차 분리 라인을 따라 결함을 생성하는 것도 고려할 수 있다. 따라서, 본 발명의 이 실시양태는 그러므로 반드시 필라멘트 결함의 도입 또는 레이저 프로세싱에 제한되지는 않는다.
- [0172] 도 5는, 상기 기재된 바와 같이, 2개의 분리 라인(3, 5)을 갖는 워크피스 또는 기관(1)을 도시한다. 바람직하게는, 기관(1)은 일반적으로 시트형 형상을 갖고 따라서 예시된 예에 제한되지 않으면서, 일반적으로 2개의 대향 평행 면(10, 11)을 갖는다. 기재된 방법 의해, 필라멘트 결함(7)은 극초단파 펄스형 레이저를 사용하여 기관(1) 내로 도입되었다. 이 목적을 위해, 레이저 광은 1개의 면(10, 11) 위에 조사되어, 필라멘트 결함(7)이, 빔 방향에 따라, 2개의 면(10, 11) 사이를 연장하도록 한다. 예시된 예에서, 분리 라인(3, 5)은 직각으로 교차하므로, 직각 부분을 분리하는 것이 바람직하다.
- [0173] 도 5에서 볼 수 있는 바와 같이, 분리 라인(3, 5)에 따른 필라멘트 결함(7)의 이격거리 a_1 , a_2 는 상이하다. 예시된 예에서, 분리 라인(3)에 따른 필라멘트 결함의 이격거리 a_1 은 분리 라인(5)에 따른 필라멘트 결함의 이격거리 a_2 보다 더 작다. 따라서, 분리 라인(3)을 따라 단절하기 위한 파단 응력 σ_{B1} 은 분리 라인(5)을 따라 단절하기 위한 파단 응력 σ_{B2} 와 상이하다. 상기 논의된 관찰에 따르면, 이격거리 a_1 이 더 작을수록, 분리 라인(3)에 대한 파단 응력은 더 높거나 더 작을 수 있다. 전형적으로, 최소 파단 응력은 5 내지 7 μm 범위의 선형 필라멘트의 이격거리에 대해 발견된다. 보다 일반적으로, 예시된 예로 제한되지 않으면서, 필라멘트 결함의 이격거리가 상이한 워크피스 또는 기관(1)이 제공되며, 여기서 분리 라인(3)의 하나의 이격거리는 교차 분리 라인의 다른 하나 보다 더 작다.
- [0174] 추가 실시양태에 따르면, 워크피스 또는 기관(1)은, 도 5에 도시된 바와 같은, 적어도 2개의 상이한 분리 라인에 의해 구별되고, 분리 라인(3)을 따라 워크피스(1)를 분리하기 위한 파단 응력 σ_{B1} 은 각각의 워크피스에 따른 제1 참조 응력 σ_{R1} 보다 더 작고, 분리 후에 수득된 분리 에지의 에지 강도 σ_R 는 각각의 워크피스에 따른 제2 참조 응력 σ_{R2} 보다 더 크고, 제2 분리 라인(5)은 적어도 $\sigma_{B1} + 5 \text{ MPa}$, 바람직하게는 $\sigma_{B1} + 10 \text{ MPa}$, 가장 바람직하게는 $\sigma_{B1} + 15 \text{ MPa}$ 의 유의하게 더 높은 파단 응력을 갖는다. 바람직하게는, 제2 분리 라인은 심지어 그와 연관된 파단 응력이 σ_{R1} 보다 더 크도록 형성된다.
- [0175] 추가 실시양태에서, 기관은 후속 분리를 위한 다수의 분리 라인을 제공하고, 동일한 방향으로 진행되는 분리 라인은 동일한 레이저 프로세스 파라미터로 발생되므로 동일한 파단 응력을 갖고, 파단 응력은 단지 상이한 방향

으로 진행하는 분리 라인 사이에서 상이하다. 다시 말해서, 2개 초과와 교차 분리 라인이 제공되며, 분리 라인의 수는 병치된 분리 라인의 적어도 2개의 세트에 나뉘질 수 있고, 1개 세트의 분리 라인의 평균 파단력은 또 다른 세트의 평균 파단력과 적어도 3 MPa의 상기 언급된 값 만큼 상이하다. 이러한 워크피스 또는 기관(1)의 예는 도 6에 도시된다. 다수의 분리 라인(3)은 서로 평행하게 진행하여 면(10)을 따라 병치된다. 이들 분리 라인(3)은 마찬가지로 서로 평행하게 진행되는 분리 라인(5)에 의해 교차된다. 도 5에 도시된 예와 같이, 분리 라인(3, 5)은 서로 직각으로 교차한다. 평행한 분리 라인(3)의 세트는 분리 라인의 제1 세트(30)를 형성하며, 그와 수직으로 진행되는 분리 라인(5)은 또 다른 세트(50)를 형성한다. 세트(30, 50)는 세트 내에서 서로 동일한 이격거리를 갖지만, 다른 세트의 분리 라인에 비교하여 상이한 이격거리를 갖는 필라멘트 결합(7)을 갖는 분리 라인을 포함함으로써 구별된다. 따라서, 세트(30)의 분리 라인(3)의 파단 응력은 다른 세트(50)의 분리 라인(5)의 값 σ_{B2} 와 상이한 값 σ_{B1} 을 갖는다.

[0176] 원칙적으로, 분리 라인을 따라 파단 응력을 변형시키거나 설정하는 여러 방식이 있다. 예를 들어, 필라멘트를 형성하는데 사용된 버스트 펄스(burst pulse)의 수는 달라질 수 있다(1 내지 100 펄스 범위, 바람직하게는 2 내지 20 펄스 범위). 또한, 단일 펄스 또는 버스트 펄스의 펄스 에너지가 또한 단일 펄스에 대해 100 μ J 내지 1 mJ 범위, 또는 버스트 펄스에 대해 400 μ J 내지 4 mJ 범위로 달라질 수 있다. 더욱이, 도면에 도시된 바와 같이, 개별 분리 라인(3, 5)에서 필라멘트(7)의 이격거리는 1 μ m 내지 25 μ m 범위, 가장 바람직하게는 2 μ m 내지 20 μ m 범위에서 상이한 값을 가질 수 있어서, 상이한 값이 이격거리 a_1 및 a_2 에 대해 생성되도록 한다.

[0177] 예를 들어, 0.5 mm 두께의 알칼리 붕소알루미늄실리케이트 유리의 경우에, 상이한 파단 응력을 갖는 분리 라인의 시스템은 버스트 에너지를 300 μ J에서 400 μ J로 변경시켜 굴절력을 25 MPa에서 약 15 MPa로 감소시킴으로써 생성될 수 있다 (USP 레이저의 경우에 100 kHz의 반복률 및 10 ps의 펄스 지속시간을 가짐). 더욱이, 피치 이격거리의 증가는 분리 프로세스에 필요한 파단 응력에서 약 5 MPa 만큼 감소를 초래하며: 도입된 변형 사이의 5 μ m의 피치에 의해, 약 45 MPa의 파단 응력이 상기 기재된 바와 같은 유리에 대해 생성되지만, 10 μ m의 이격거리의 경우에 파단 응력은 단지 15 MPa일 것이다.

[0178] 일단 분리 라인이 도입되면, 기관(1)은 먼저 제1 방향을 따라 파단된 후 제2 방향을 따라 파단되는, 2-단계 단일화 프로세스에 의해 분리될 수 있다. 이러한 경우에, 상기 부분의 인접한 예지는 촉각 또는 광학 프로파일측정법 또는 전자 현미경과 같은 통상의 위상 측정 기술에 액세스가능한 상이한 이격거리를 갖는 주기적인 패턴을 나타낼 것이다 (필라멘트 채널은 2개의 원통형 절반으로 개방됨). 워크피스(1)로부터 분리된 이러한 요소(2)는 도 7에 도시된다.

[0179] 개략도로부터 볼 수 있는 바와 같이, 2개의 대향면(10, 11) 및 예지 표면(13, 14, 15, 16)을 갖는 시트형 유리 요소 또는 유리 세라믹 요소(2)가 제공되며, 여기서 예지 표면(13, 14, 15, 16)의 적어도 2개는, 주기적인 이격거리를 갖고 하나의 면(10, 11)에서 다른 하나의 면의 방향으로 예지 표면을 따라 나란히 연장된 필라멘트 결합(7)을 나타내고, 필라멘트 결합의 이격거리의 주기는 예지 표면(13, 14, 15, 16)의 적어도 2개에 대해 상이하다.

[0180] 예시된 예와 같이, 일반적으로 사각 형상이 바람직하여서, 요소(2)가 대향 예지 표면(13, 15 및 14, 16)의 2개의 쌍을 갖도록 한다. 이러한 경우에, 필라멘트 결합(7)의 주기는 바람직하게는 대향 예지의 한 쌍에 대해 동일하다. 본 발명의 방법 및 그에 의해 생성될 수 있는 워크피스와 관련하여 본원에 개시된 모든 정보는 따라서 필라멘트 결합 사이의 주기 또는 이격거리, 요소(2)의 두께 및 그의 재료와 관련하여 적용된다.

[0181] 보편성을 제한하지 않으면서, 분리는 기계적 파단 프로세스에 의해, 또는 레이저-기반 열 분리 프로세스(CO_2 레이저 사용)에 의해, 또는 다른 방법에 의해 수행될 수 있다.

[0182] 추가 실시양태에서, 개별 스트립(동일한 파단 응력의 대향 예지에 의해 형성됨)은 세척, 코팅, 및 이후 단일화와 같은 후속 프로세스 단계를 위한 취급 보조체로서 사용될 수 있는 통상의 웹을 통해 서로 연결된 채 남아있다. 이러한 워크피스(1)의 예시적인 실시양태는 도 8에 도시된다. 예시적인 도면에서 볼 수 있는 바와 같이, 세트(50)의 하나의 분리 라인(5)은 워크피스(1)의 예지 중 하나로부터 떨어져 종료되어, 웹(18)이 분리 라인(5)의 말단 및 워크피스의 예지(20) 사이에 형성되도록 하여, 워크피스(1)가 예지(20)로부터 떨어져 종료되는 분리 라인(5)을 따라 단절되는 경우에도 분리가 가능한 요소(2)는 부착된 채 남아있다.

[0183] 추가 실시양태에 따르면, 분리를 위해 제조된 워크피스(1)는 전체 스트립 또는 개별 부분이 단일화 동안 파단될 수 있는 주변 프레임을 갖는다. 프레임(22)을 갖는 이러한 실시양태는 도 9에 도시된다. 이러한 경우에, 취급

프레임은 단일화 프로세스 동안 전체적으로 보존될 수 있거나, 달리 이는 단계별로 분해될 수 있다. 도 8에 따른 실시양태의 웹(18)과 마찬가지로, 세트의 하나의 분리 라인(5)은 워크피스(1)의 에지(20)로부터 떨어져 종료된다. 프레임(22)의 경우에, 이는 이어서 세트(30, 50) 둘 다에 적용된다.

[0184] 예를 들어, 필라멘트화된 분리 라인은 부분적으로 취급 프레임 내로 또는 취급 스트립 내로 돌출하는 다른 변형도 고려가능하다. 이의 예는 도 10에 도시된다. 이 예에서, 프레임(22)의 한쪽 측면은 에지(20)로부터 분리 라인(5)의 말단의 거리로 한정되는 반면, 프레임의 다른쪽 측면은 분리 라인(3,5)의 종단 말단에 의해 경계를 이룬다.

[0185] 도 11은 예를 들어 산업용 추가 프로세싱을 위해 본 발명에 따른 워크피스(1)를 취급하는 것을 허용하면서, 분리 라인(3, 5)을 따라 조기 분리를 회피하는 예를 도시한다. 이러한 예에서, 워크피스(1)는 그의 면들(11)의 하나와 함께 캐리어 기판(24) 상에 고정된다. 캐리어 기판(24)은 예를 들어 유리 웨이퍼 또는 실리콘 웨이퍼 또는 플라스틱 시트와 같은 중합체일 수 있다.

[0186] 도 6의 실시양태에서, 필라멘트 결합(7)의 이격거리 및 파단 응력은 상이한 세트에 대해 상이하며, 각각의 세트는 서로 교차하지 않는 병치된 분리 라인에 의해 한정된다. 이는 병치된 분리 라인의 하나 이상을 상이하고 특히 더 낮은 파단 응력으로 제공하는 것을 배제하지 않는다. 예를 들어, 추가 실시양태에 따르면, 기판 또는 워크피스(1)는, 파단 응력의 적합한 선택에 의해, 차례로 추가로 분리될 수 있는 다수의 더 큰 부분으로 세분된다. 이러한 세분은 실제 분리일 필요는 없지만, 특히 부분들 사이의 분리 라인을 따라 워크피스의 세분으로 이해되어야 한다. 도 12에 도시된 예에서, 워크피스(1)는 분리 라인(6)을 따라 2개의 부분(8, 9)으로 세분된다.

[0187] 예를 들어, 단지 모든 n-번째 평행한 분리 라인은 동일한 파단 응력을 갖고, 그 사이의 분리 라인은 상이한 파단 응력 값을 갖는다. 이러한 경우에, 평행 및 수직 분리 라인의 임의의 조합이 가능하다. 파단 응력의 각각의 변경은, 상기 언급된 바와 같이, 펄스 에너지, 버스트의 수, 도입된 변형의 이격거리를 변형시킴으로써 가능하다. 부분들 사이의 경계에서의 분리 라인이 이웃 분리 라인 보다 더 큰 파단 응력을 갖는 세분화가 고려가능할 수 있다. 그러나, 먼저 부분(8, 9)으로 그 다음에 추가로 개별 요소(2)로 분리를 허용하기 위해, 부분(8, 9) 내에서 이웃 분리 라인 보다 분리 라인(6)에 대한 더 낮은 파단 응력을 설정하는 것이 특히 바람직하다. 본 발명의 이러한 실시양태에 따르면, 따라서 워크피스(1)가 다수의 병치된 분리 라인(5, 6)을 가지며, 여기서 분리 라인(6)의 적어도 하나는 2개의 인접한 분리 라인(5) 사이를 연장하고, 2개의 인접한 분리 라인(5) 사이를 연장하는 분리 라인(6)은 인접한 분리 라인(5) 보다 더 낮은 파단 응력을 갖는 것으로 고려된다. 바람직하게는, 더 높은 파단 응력을 나타내는 분리 라인(6)의 2개의 세트는, 예에 나타난 바와 같이, 더 낮은 파단 응력을 나타내는 분리 라인(6)의 양쪽 측면을 연장한다. 파단 응력의 차이는 일반적으로 교차 분리 라인을 갖는 실시양태와 같이, 즉 바람직하게는 적어도 3 MPa, 특히 적어도 5 MPa의 양으로 선택될 수 있다.

[0188] 본원에 기재된 모든 워크피스는, 원칙적으로, 또한 코팅된 기판일 수 있다. 임의로, 코팅은 또한 분리 라인의 레이저-보조 도입 전에 적용될 수 있다. 본 발명의 하나의 실시양태에 따르면, 단백질 또는 DNA 분석을 위한 유기 기능성 코팅이 코팅으로서 적용될 수 있다. 따라서, 워크피스(1) 또는 상기 워크피스(1)로부터 분리가 가능한 요소(2)는 DNA 또는 단백질 마이크로어레이로서 사용될 수 있다. 이 목적을 위한 적합한 코팅은 아미노실란, 에폭시실란, 알데히드 실란, 히드로겔, 스트렙타비딘, 및 특정 중합체를 포함한다. 이어서 코팅은 올리고뉴클레오타이드, cDNA/PCR, 박테리아 인공 염색체(BAC), 펩티드, 단백질, 항체, 글리칸, 또는 세포 샘플 또는 조직 샘플의 마이크로어레이로 제공될 수 있다. 이러한 방식으로, 샘플은 함께 제조될 수 있고, 분리된 후에 별도로 검사 및/또는 수송될 수 있다.

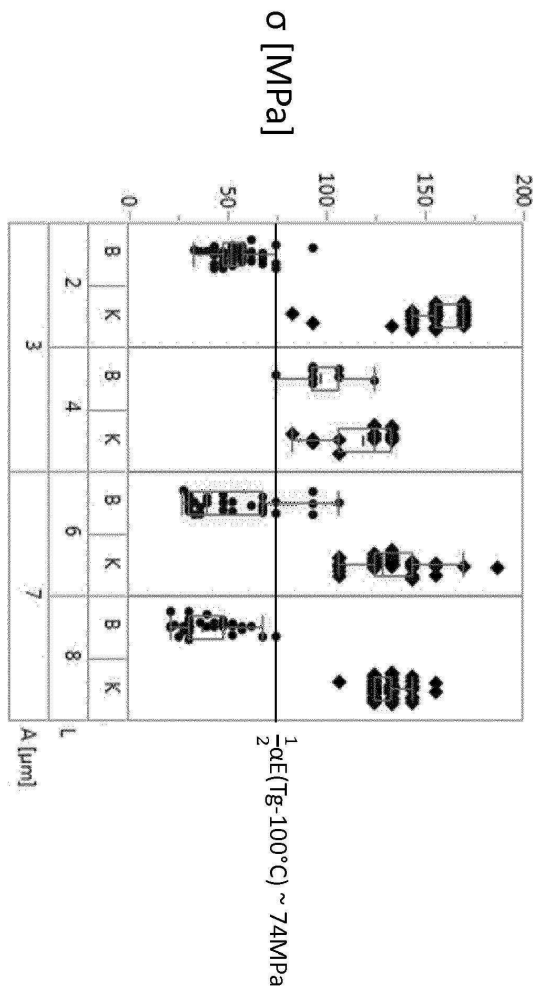
부호의 설명

- [0189]
- 1 워크피스
 - 2 요소
 - 3, 5, 6 분리 라인
 - 7 필라멘트 결합
 - 8, 9 1의 부분
 - 10, 11 1의 면

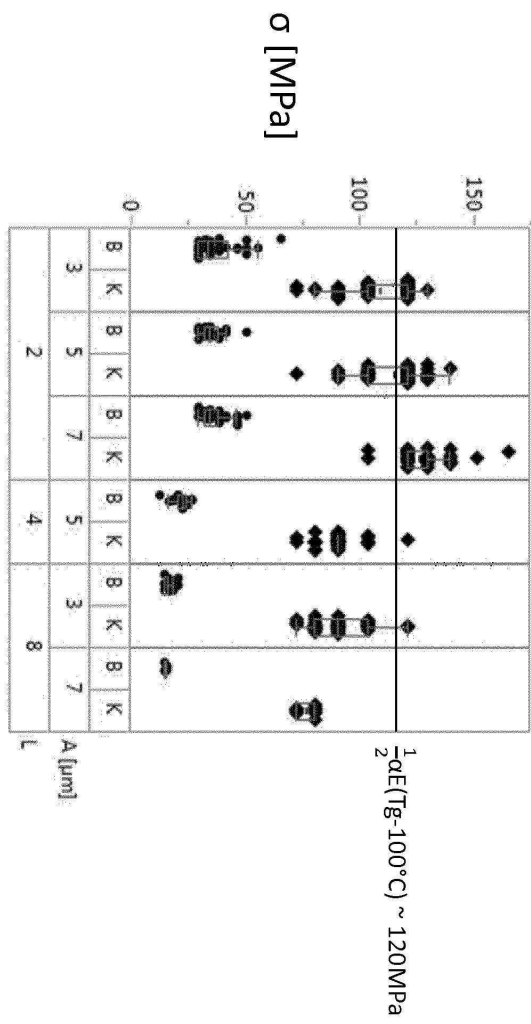
- 30, 50 분리 라인의 세트
- 13, 14, 15, 16 에지 표면
- 18 웰
- 20 1의 에지
- 22 프레임
- 24 캐리어 기판

도면

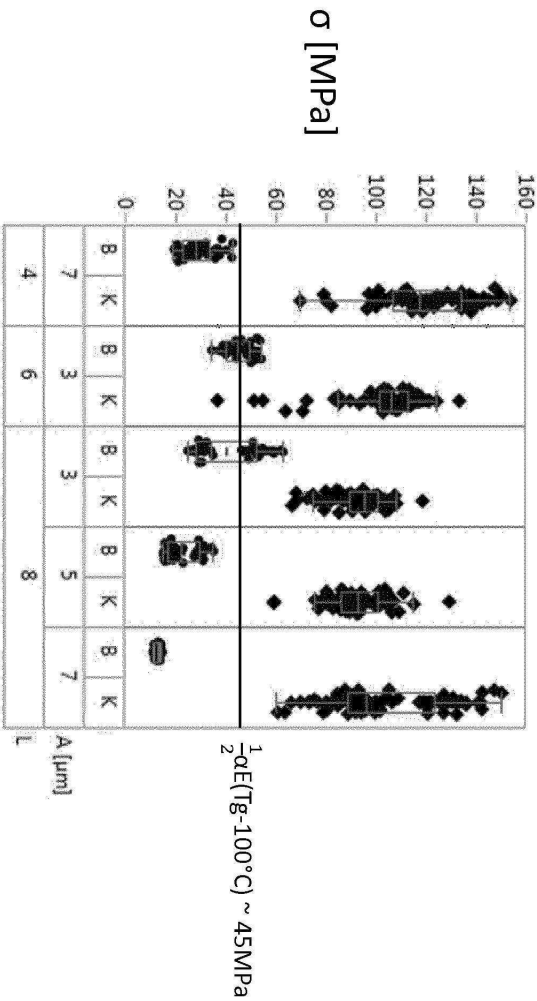
도면1



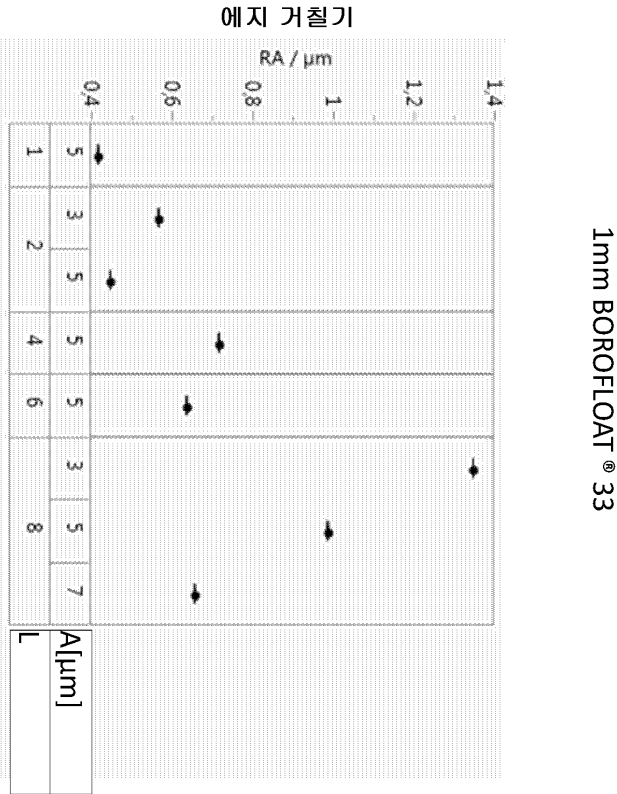
도면2



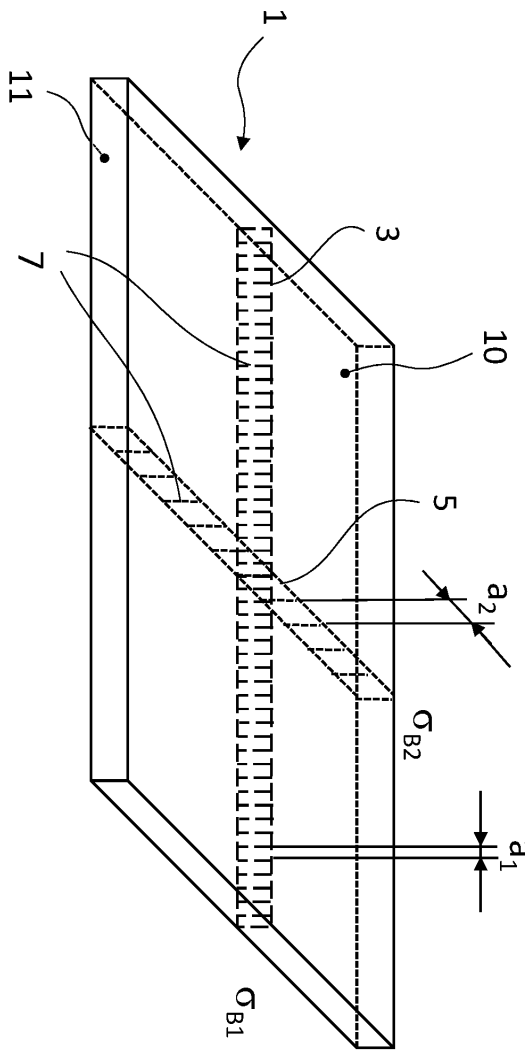
도면3



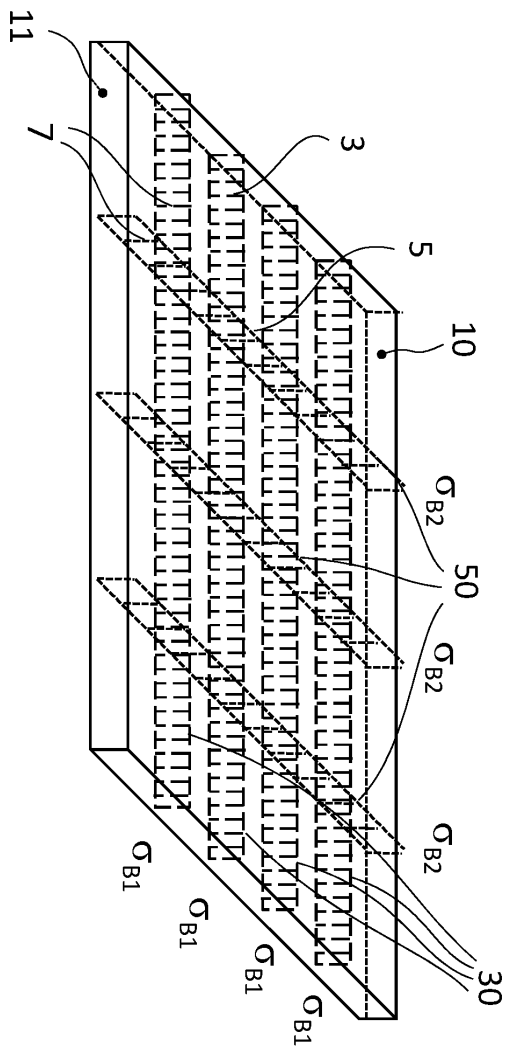
도면4



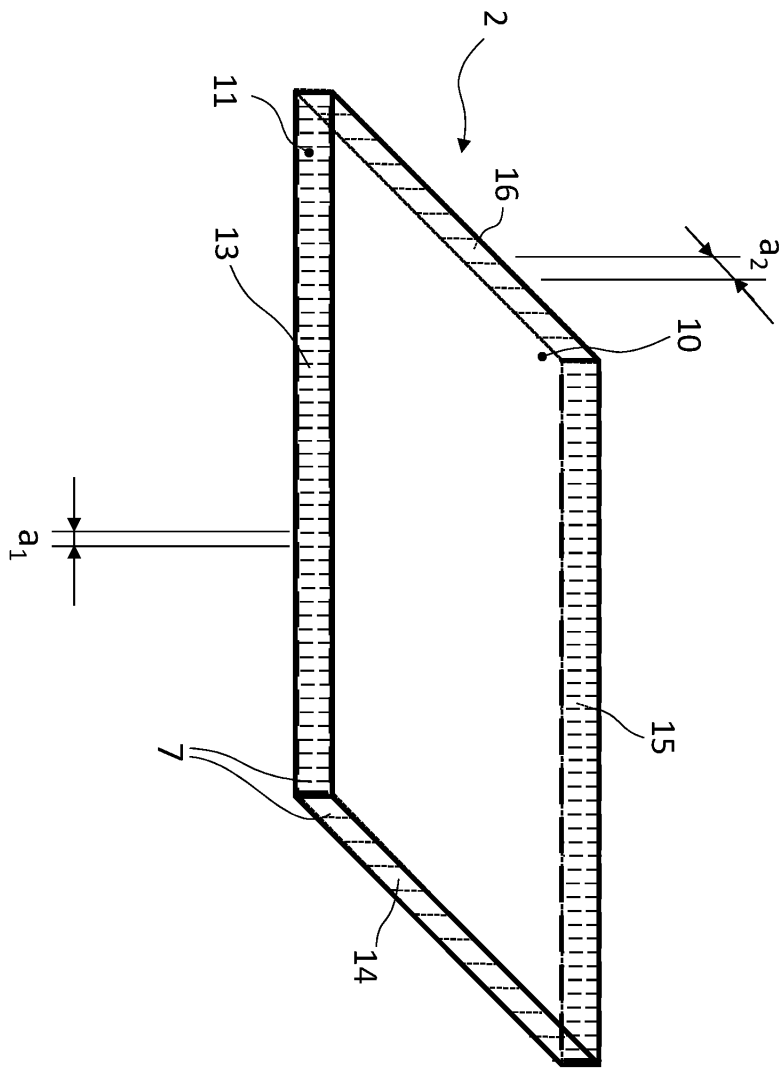
도면5



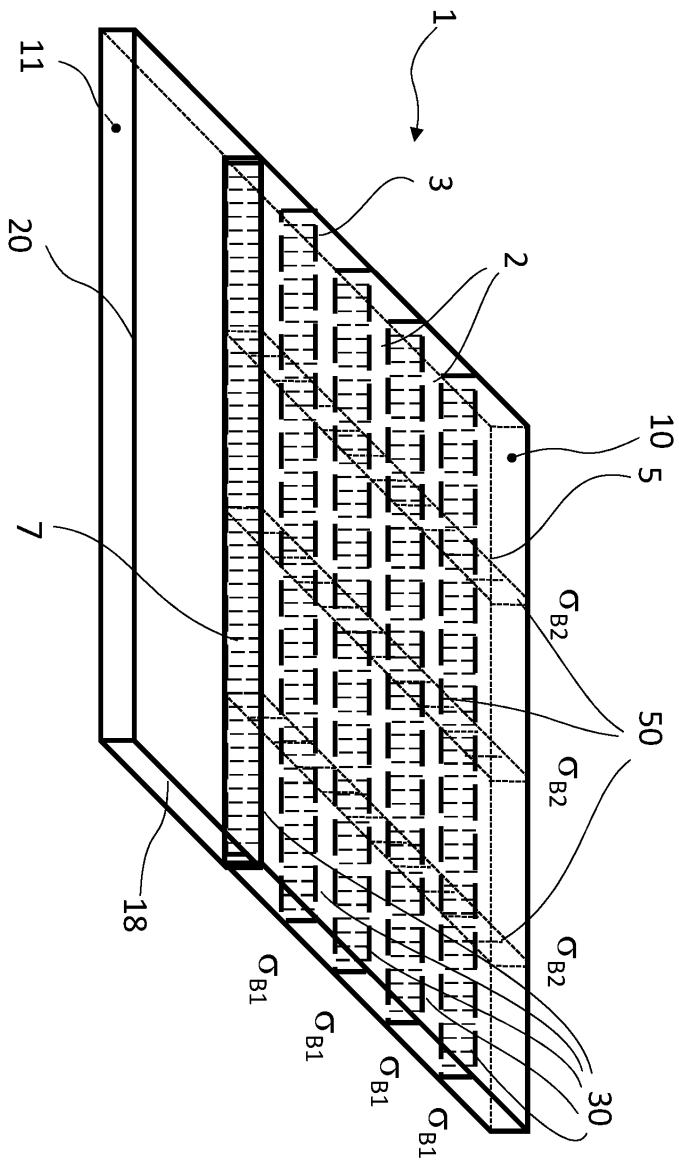
도면6



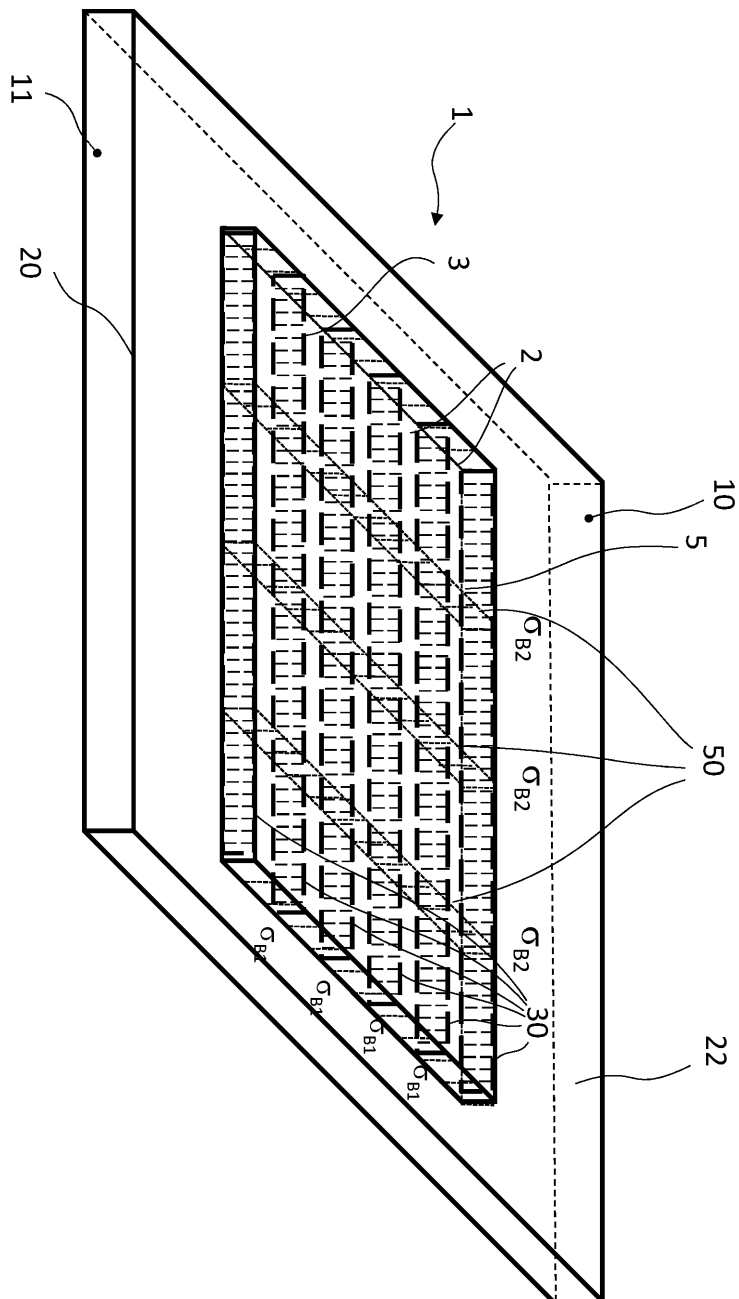
도면7



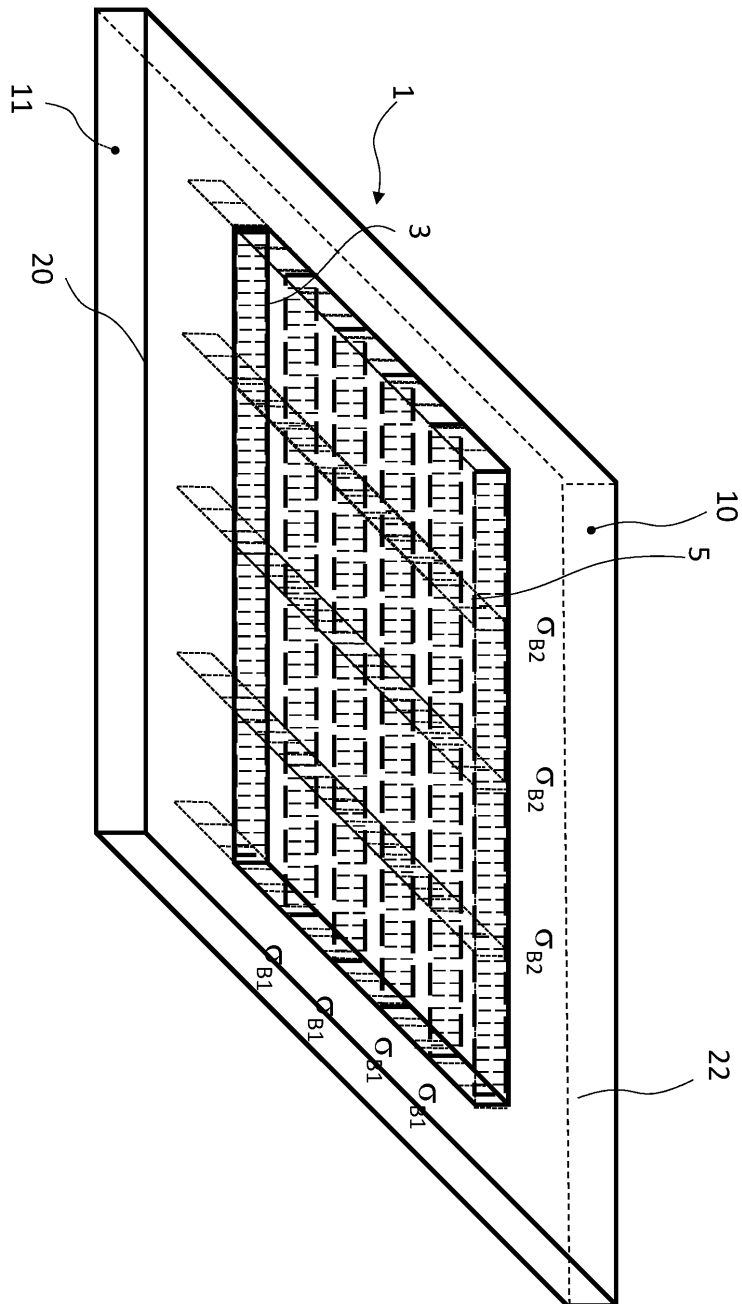
도면8



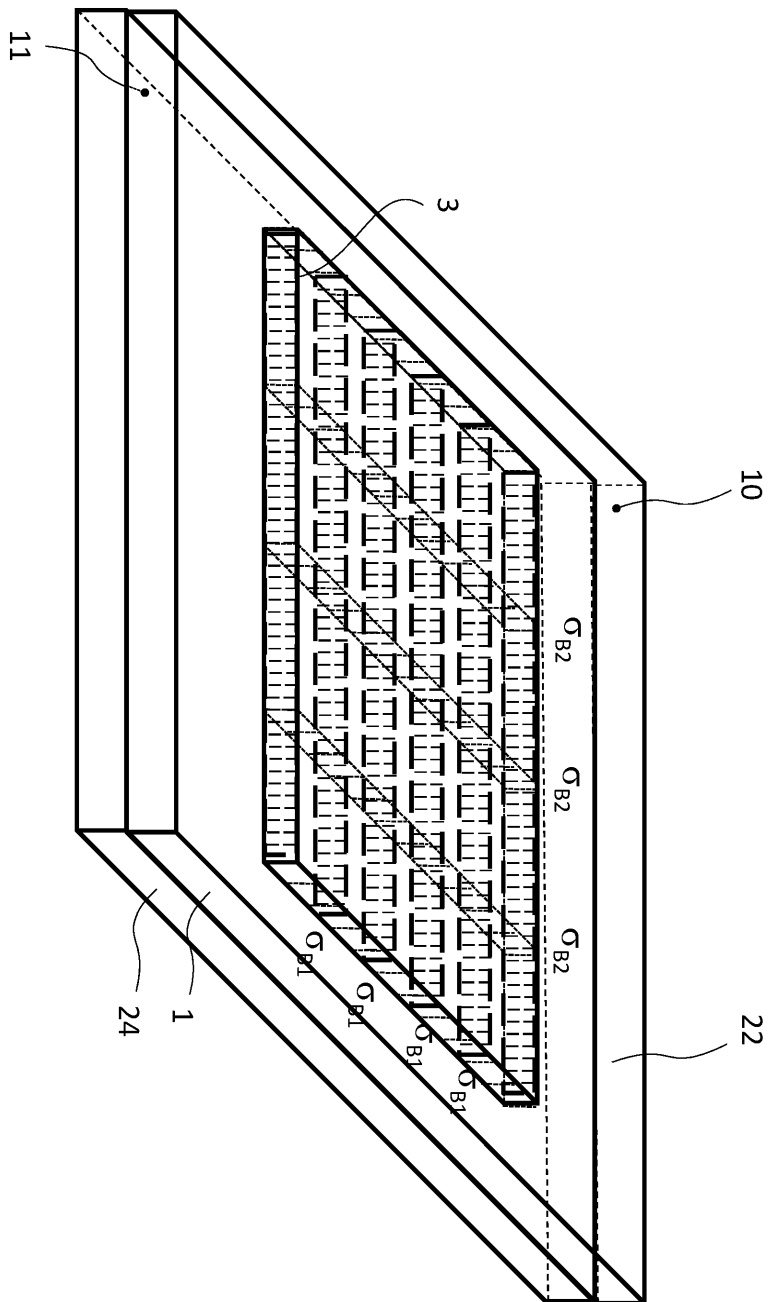
도면9



도면10



도면11



도면12

