



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2025년01월14일

(11) 등록번호 10-2753492

(24) 등록일자 2025년01월07일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B23K 26/53 (2014.01) *B23K 26/0622* (2014.01)
B23K 26/08 (2014.01) *B23K 26/082* (2014.01)
B23K 103/00 (2006.01)
- (52) CPC특허분류
B23K 26/53 (2018.08)
B23K 26/0622 (2015.10)
- (21) 출원번호 10-2023-7033908(분할)
- (22) 출원일자(국제) 2015년11월27일
 심사청구일자 2023년10월31일
- (85) 번역문제출일자 2023년10월04일
- (65) 공개번호 10-2023-0145246
- (43) 공개일자 2023년10월17일
- (62) 원출원 특허 10-2022-7014422
 원출원일자(국제) 2015년11월27일
 심사청구일자 2022년04월28일
- (86) 국제출원번호 PCT/EP2015/077981
- (87) 국제공개번호 WO 2016/083610
 국제공개일자 2016년06월02일
- (30) 우선권주장
 10 2014 017 583.9 2014년11월27일 독일(DE)
 (뒷면에 계속)
- (56) 선행기술조사문헌
 JP2013158778 A
 (뒷면에 계속)

- (73) 특허권자
 신텍트라 게엠베하
 독일 01099 드레스덴 뎀프레드-본-아르텐네-링 7
- (72) 발명자
 잔 리치
 독일 01109 드레스덴 윈터스버크스트라베 6비
 베이어 크리스티안
 독일 09599 프라이베르크 헤르데르스트라베 9
 리에스케 랄프
 독일 01099 드레스덴 파브리스-스트라세 9
- (74) 대리인
 제일특허법인(유)

전체 청구항 수 : 총 13 항

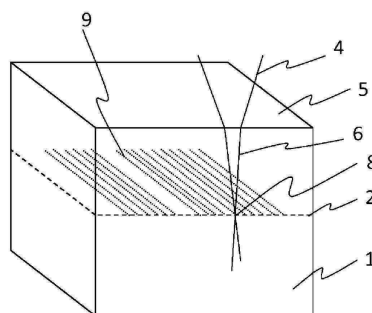
심사관 : 원유철

(54) 발명의 명칭 재료의 전환을 이용한 고체의 분할

(57) 요약

본 발명은 고체로부터 고체 부분을 분리하기 위해 고체에 분리영역을 생성하는 방법에 관한 것이고, 고체로부터 적어도 하나의 고체 부분을 절단하는 방법에 관한 것이다. 고체층을 분리하기 위해 고체 내에 분리영역을 생성하는 방법은 다음 단계들을 포함한다: 바람직하게는 화합물로 이루어진 처리될 고체를 제공하는 단계; 및 레이저 광원을 제공하는 단계; 상기 고체에 상기 레이저 광원으로부터의 레이저를 조사하는 단계.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

B23K 26/082 (2015.10)

B23K 26/0876 (2013.01)

B23K 2103/56 (2024.08)

(56) 선행기술조사문헌

KR1020120047786 A

JP09029472 A

KR1020080010437 A

KR1020100070159 A

(30) 우선권주장

10 2014 017 582.0 2014년11월27일 독일(DE)

10 2014 018 720.9 2014년12월17일 독일(DE)

10 2014 018 841.8 2014년12월17일 독일(DE)

10 2015 000 449.2 2015년01월15일 독일(DE)

명세서

청구범위

청구항 1

고체 상태 본체에 분리 영역을 생성하는 방법으로서,

처리될 고체 본체를 제공하는 단계 - 상기 고체 본체는 화학 화합물로 이루어지며, 상기 화학 화합물은 원소 주기율표의 3주족(main group), 4주족, 5주족으로부터의 원소와 12 분족(subgroup)으로부터의 원소의 조합을 포함함 - 와,

레이저 광원을 제공하는 단계와,

상기 고체 본체를 상기 레이저 광원으로부터의 레이저 빔에 노출시키는 단계

를 포함하되,

상기 레이저 빔은 상기 고체 본체의 주 표면을 통해서 상기 고체 본체 내로 전파하며,

상기 레이저 빔이 상기 고체 본체 내에서 상기 고체 본체의 소정의 부분에 정의된 방식으로 인가되어서 분리 영역 또는 복수의 부분 분리 영역을 형성하고,

상기 레이저 빔을 인가함으로써 상기 고체 본체의 결정 격자 내에 복수의 변형체(modification)를 연속적으로 생성하며, 상기 변형체의 결과로서, 상기 결정 격자는 각각의 경우에 적어도 일부분에서 상기 변형체를 둘러싸는 영역에 아임계(subcritical) 방식으로 절개부를 생성하고, 상기 아임계 절개부는 상기 주 표면에 대해서 평행하거나 혹은 정의된 정렬로 그리고 기본적으로 평행한 평면에서 주로 전파하며, 상기 변형체를 둘러싸는 영역의 상기 아임계 절개부는 상기 분리 영역 또는 복수의 부분 분리 영역을 정의하는,

방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 변형체는 상기 소정의 부분을 형성하는 재료의 소정의 전환으로서 생성되며,

상기 레이저 빔은 상기 재료의 전환을 초래하기에 충분히 높은 온도를 생성하는,

방법.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 분리 영역을 따라서 상기 고체 본체로부터 고체 층이 분리되는,

방법.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 고체 본체로부터 분리되는 고체 층은 상기 고체 층만큼 감소된 상기 고체 본체보다 얇은

방법.

청구항 5

제 3 항에 있어서,
상기 분리 영역은 상기 주 표면에 평행하게 연장되는,
방법.

청구항 6

제 3 항에 있어서,
상기 주 표면은 상기 고체 본체로부터 분리되는 상기 고체 층의 표면인,
방법.

청구항 7

제 1 항에 있어서,
상기 고체 본체는 잉곳(ingot) 또는 웨이퍼인,
방법.

청구항 8

제 1 항에 있어서,
상기 고체 본체는 탄화규소를 포함하는,
방법.

청구항 9

제 1 항에 있어서,
상기 레이저 빔의 인가의 결과로서, 상기 변형체를 형성하는 상기 고체 본체의 부분에서는 재료의 전환 및/또는 상(phase)의 전환이 일어나는,
방법.

청구항 10

제 9 항에 있어서,
상기 고체 본체는 화학 화합물(chemical compound)로 이루어지거나 화학 화합물을 포함하고,
상기 재료의 전환은 상기 화학 화합물의 복수의 또는 모든 개개의 성분 및/또는 원소로의 분해를 포함하는,
방법.

청구항 11

제 9 항 또는 제 10 항에 있어서,
상기 고체 본체는 탄화규소를 포함하고,
상기 재료의 전환으로 인해서 새로운 물질 또는 상이 얻어지는,
방법.

청구항 12

제 11 항에 있어서,
상기 재료의 전환으로 인해서 결정질 상 및/또는 비정질 상이 얻어지는,
방법.

청구항 13

제 11 항에 있어서,
상기 재료의 전환으로 인해서 Si(규소) 및 DLC(diamond-like carbon) 상이 얻어지는,
방법.

청구항 14

삭제

청구항 15

삭제

청구항 16

삭제

청구항 17

삭제

청구항 18

삭제

청구항 19

삭제

청구항 20

삭제

청구항 21

삭제

청구항 22

삭제

청구항 23

삭제

청구항 24

삭제

청구항 25

삭제

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 고체로부터 고체 부분을 분리하기 위해 고체 내에 분리영역을 생성하는 방법과, 고체로부터 적어도 하나의 고체 부분을 절단하는 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 고체 특히 웨이퍼의 분할은 전통적으로 톱질(sawing)에 의해 이루어진다. 그러나 이러한 분리 방법은 많은 단점을 갖는다. 톱질 동안, 칩들이 생성되어 불량한 기재를 형성한다. 또한, 톱질된 디스크의 두께 변동이 톱질 높이의 증가와 함께 역시 증가한다. 또한, 톱 요소는 서로 분리될 디스크의 표면 상에 홈 및 표면 손상이 형성되는 영향을 준다.

[0003] 따라서, "톱질" 분리 방법은 매우 높은 재료비와 재작업 비용을 초래하는 것이 명백하다.

[0004] 특허공개공보 WO2013/126927 A2는 초기 웨이퍼로부터 디바이스 층을 분리하는 방법을 추가로 개시한다. 특허공개공보 WO 2013/126927 A2에 따르면, 전체 배열은 레이저 조사(laser radiation)의 결과로서 매우 강렬한 발열을 겪는다. 상기 발열은, 상기 고체 재료와 "핸들러(handler)의 상이한 열팽창 계수에 의해 고체 내부에 응력을 얻기 위해 요구된다. 매우 높은 온도가 발생하기 때문에 "핸들러"의 열적 응력성(thermal stressability)은 매우 높아야 한다는 것이 명백하다. 또한, 특허공개공보 WO 2013/126927 A2에 따르면, 레이저 빔은 항상 표면을 통해서 분리될 층의 일부가 아닌 고체 내로 도입된다. 이것 또한 고체에 심각한 발열을 야기한다. 고온은 또한 고체를 원치 않게 뒤틀리고 팽창시키는 단점을 가지며, 결과적으로 결정 격자 변형체가 매우 부정확하게만 생성될 수 있다.

[0005] 따라서, 특허공개공보 WO 2013/126927 A2에 따르면, 두껍고 큰 고체는 가공될 수 없다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 따라서, 본 발명의 목적은 고체로부터 고체 부분, 특히 복수의 고체층을 분리하는 대안의 방법을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0007] 전술한 목적은 고체로부터 고체 부분, 특히 고체층을 분리하기 위해 고체 내에 분리영역(detachment zone)을 생성하는 방법에 의해 본 발명에 따라 해결되며, 여기서 분리될 고체 부분은 고체로부터 고체 부분이 제거된 고체보다 더 얇다. 상기 방법은 바람직하게는 본 발명에 따라 적어도 다음 단계들을 포함한다: 바람직하게는 화학 화합물(chemical compound)로 이루어진 처리될 고체를 제공하는 단계; 및 레이저 광원을 제공하는 단계; 상기 고체에 상기 레이저 광원으로부터의 레이저(레이저 빔)를 조사하는 단계로서, 상기 레이저 빔은 절단될 고체 부분의 표면을 통해 고체 내로 침투하고, 상기 레이저 조사는 고체 내부의 고체의 소정의 부분에 정의된 방식으로 인가되어 분리영역 또는 복수의 부분 분리영역들을 형성하는 단계. 바람직하게는 상기 고체의 소정의 부분에 생성된 온도는 상기 소정의 부분을 형성하는 재료가 소정의 재료 전환(predetermined material conversion)의 형태로서의 변형체(modification)를 겪을 만큼 높으며, 상기 분리영역은 또는 복수의 부분 분리영역은 상기 변형체에 의해 미리 정의된다. 추가로 또는 대안으로, 결정 격자 내 복수의 변형체는 인가된 레이저 조사에 의해 연

속적으로 생성되며, 상기 변형체들을 둘러싸는 영역들 내의 변형체의 결과로서 상기 결정 격자는 각각의 경우에 그것의 적어도 일부분에서 절개되며, 상기 분리영역 또는 복수의 부분 분리영역들은 절개부에 의해 분리영역 내에 미리 정의된다.

- [0008] 상기 해결책은, 재료 전환 또는 상 전환이 바람직하게는 결정 격자의 국부적 파괴 없이 일어날 수 있고, 결과적으로 고체 내 강도의 약화 또는 감소가 매우 통제된 방식으로 일어날 수 있기 때문에 이점이 있다.
- [0009] 또한, 본 발명은, 고체가 짧아지기 위해 길이 방향에 대해 직각으로 짧아질 필요가 없고, 고체층을 절단하기 위해 고체를 그 길이방향으로 레이저를 조사하는 것을, 처음으로 제공한다. 상기 방법은 또한, 레이저 조사가 고체의 전체 반경에 걸쳐 고체 내에 침투할 필요는 없지만 바람직하게는 분리층에 평행한 층을 통해 고체 내로 도입될 수 있는 이점을 가진다. 이는 반경이 분리될 고체층의 두께보다 크거나 같은 고체에서 특히 적합하다.
- [0010] 추가의 바람직한 실시예들은 종속항들과 및 아래 상세한 설명 부분의 주제 내용이다.
- [0011] 본 발명의 추가의 바람직한 일 실시예에 따르면, 상기 재료 전환은 화학 화합물의 복수의 또는 모든 개개의 성분들 또는 원소들로의 분해를 포함한다. 상기 실시예는, 고체의 화합물의 특정 분해의 결과로서, 고체 부분의 분리를 위한 가장 적합한 재료 조합이 정의된 방식으로 조정될 수 있기 때문에, 이점이 있다.
- [0012] 본 발명의 설명에 따르면, 고체 출발물질은 바람직하게는 단결정질, 다결정질 또는 비결정질의 재료로서 이해된다. 높은 이방성 구조를 갖는 단결정질 재료는 바람직하게는 높은 이방성 결합력의 결과로서 특히 적합하다. 상기 고체 출발물질은 바람직하게는 원소 주기율표의 3주족(main group), 4주족, 5주족 및/또는 12 분족(subgroup) 중 하나의 재료 또는 재료 조합, 특히, 예컨대 산화아연 또는 텔루라이드 카드뮴과 같은 3주족, 4주족, 5주족 및 12 분족으로부터의 원소의 조합을 포함한다.
- [0013] 탄화규소(silicon carbide) 외에도, 반도체 출발물질은 예컨대 규소, AgAs, GaN, SiC, InP, ZnO, AlN, 게르마늄, 갈륨(III)옥사이드(Ga_2O_3), Al_2O_3 (사파이어), GaP, InAs, InN, AlAs 또는 다이아몬드로 이루어질 수 있다.
- [0014] 상기 고체 또는 작업재료(workpiece)(예컨대 웨이퍼)는 바람직하게는 원소 주기율표 3주족, 4주족, 5주족, 예컨대 SiC, Si, SiGe, Ge, GaAs, InP, GaN, Al_2O_3 (사파이어), AlN 중 하나의 재료 또는 재료 조합을 포함한다. 특히 바람직하게는, 상기 고체는 원소 주기율표의 3족, 4족, 5족의 원소의 조합을 포함한다. 가능한 재료 또는 재료 조합은, 예컨대 갈륨비소, 규소, 탄화규소 등이다. 또한, 상기 고체는 세라믹(예컨대 Al_2O_3 - 산화알루미늄)을 포함하거나 또는 세라믹으로 이루어지며, 이 경우에 바람직한 세라믹은 예컨대 일반적으로 페로브스카이트 세라믹스(예컨대 Pb-, O-, Ti/Zr-함유 세라믹)이며, 납 마그네슘 니오베이트, 바륨 티타네이트, 리튬 티타네이트, 이트륨 알루미늄 가넷, 특히 고체-상태 레이저 응용을 위한 이트륨 알루미늄 가넷, SAW 세라믹(표면 음향파), 예컨대 리튬 니오베이트, 갈륨 오르토인산염, 석영, 칼슘 티타네이트 등이다. 그러므로, 상기 고체는 특히 바람직하게는 반도체 재료 또는 세라믹 재료를 포함하거나, 상기 고체는 특히 바람직하게는 적어도 하나의 반도체 재료 또는 세라믹 재료로 이루어진다. 상기 고체는 바람직하게는 잉곳 또는 웨이퍼이다. 상기 고체는 특히 바람직하게는 레이저 조사를 위해 적어도 부분적으로 투명한 재료를 포함한다. 그러므로, 상기 고체는 투명한 재료를 포함하거나 예컨대 사파이어와 같은 투명한 재료로 만들어지거나 부분적으로 이루어지는 것이 가능하다. 단독으로 또는 다른 재료와 결합되어 고체 재료로서 고려되는 다른 재료들은 예컨대 "와이드 밴드 갭" 재료, InAlSb, 고온 초전도체, 특히 희토류 구리산화물(cuprates)(예컨대 YBa_2CuO_7)이다. 추가로 또는 대안으로 상기 고체는 포토마스크일 수 있으며, 바람직하게는 출원일에 공지된 임의의 포토마스크 재료 및 특히 바람직하게는 이들의 조합이 본 발명에서 포토마스크 재료로서 사용될 수 있다. 또한, 상기 고체는 추가로 또는 대안으로 탄화규소(SiC)를 포함하거나 이것으로 이루어진다. 상기 고체는 바람직하게는 초기 상태에서, 즉 제1 고체 부분의 분리 이전의 상태에서 잉곳이며, 바람직하게는 무게가 5kg 이상 또는 10kg 이상 또는 15kg 이상 또는 20kg 이상 또는 25kg 이상 또는 30kg 이상 또는 35kg 이상 또는 50kg 이상이다. 상기 고체 부분은 바람직하게는 고체층이며, 특히 최소 300mm의 지름을 갖는 웨이퍼이다.
- [0015] 본 발명의 추가의 바람직한 실시예에 따르면, 결정 격자는 개별 변형체의 중심에서 이격된 부분에서 적어도 대부분 절개된다. 상기 해결책은 분리 후에 부피의 관점에서 변형체(들)이 감소하는 고체 부분의 재처리에 대한 필요성을 감소시키기 때문에 특히 이점이 있다.
- [0016] 본 발명의 추가의 바람직한 실시예에 따르면, 변형체의 조절(conditioning)이 일어나며, 상기 결정 격자는 적어도 각각 하나의 부분에서 변형체들을 둘러싸는 영역들에서의 조절에 의해서만 절개된다.
- [0017] 여기서 아임계(subcritical)는, 절개부가 고체를 2개 이상의 부분으로 분할하기 전에 절개부 전파가 멈추는 것

을 의미한다. 바람직하게는 아임계 절개부는 고체 내에서 5mm 미만, 특히 1mm 미만으로 전파한다. 상기 변형체는, 예컨대 고체 평판의 분리 동안, 상기 아임계 절개부들이 바람직하게는 동일한 평면에서 대부분 전파하며, 특히 레이저 조사가 고체 내로 침투하는 고체의 표면에 평행한 평면에서 또는 상기 표면을 향해 정의된 방식으로 전파하도록 생성되는 것이 바람직하다. 상기 변형체는, 예컨대 불균일한 고체의 분리 동안, 상기 아임계 절개부들이 정의된 방식, 예컨대 분리영역이 정의된 형상 특히 구형을 갖도록 구형 위치 또는 층에서, 정의된 방식으로 전파되도록 생성되는 것이 바람직하다.

[0018] 본 발명의 추가의 바람직한 실시예에 따르면, 정의된 온도 제어를 위해, 상기 레이저 조사는 $100\text{nJ}/\mu\text{m}^2$ 와 $10000\text{nJ}/\mu\text{m}^2$ 사이, 바람직하게는 $200\text{nJ}/\mu\text{m}^2$ 와 $2000\text{nJ}/\mu\text{m}^2$ 사이, 특히 바람직하게는 $500\text{nJ}/\mu\text{m}^2$ 와 $1000\text{nJ}/\mu\text{m}^2$ 사이의 펄스 밀도로 고체 내에 도입된다.

[0019] 본 발명의 추가의 바람직한 실시예에 따르면, 상기 수용층은 폴리머 또는 폴리머 재료를 포함하거나 이들로 이루어지며, 상기 폴리머는 바람직하게는 폴리디메틸 실록산(PDMS) 또는 탄성 중합체 또는 에폭시 수지 또는 이들의 조합이다.

[0020] 본 발명의 추가의 바람직한 실시예에 따르면, 상기 레이저 특히 fs 레이저(펨토 초 레이저)의 레이저 빔의 에너지는, 적어도 한 방향에서 상기 고체 또는 결정 내의 재료 전환이 레일리 길이(Rayleigh length)의 30배 또는 20배 또는 10배 또는 5배 또는 3배 미만이거나 초과하도록 선택된다.

[0021] 상기 레이저 특히 fs 레이저의 레이저 빔의 파장은, 본 발명의 추가의 바람직한 실시예에 따르면, 상기 고체 또는 재료의 선형 흡수가 10cm^{-1} 미만, 바람직하게는 1cm^{-1} 미만, 특히 바람직하게는 0.1cm^{-1} 미만이 되도록 선택된다.

[0022] 본 발명의 추가의 바람직한 실시예에 따르면, 상기 결정 격자는 개별 변형체의 중심(Z)에서 이격되는 부분에서 적어도 대부분 절개된다.

[0023] 본 발명의 추가의 바람직한 실시예에 따르면, 상기 절개부는 대부분, 특히 전체의 변형체를 통해 적어도 섹션들 내에서 연장하거나, 또는 대부분, 특히 전체의 변형체로부터 이격되어 연장한다.

[0024] 본 발명의 추가의 바람직한 실시예에 따르면, 첫 번째 수의 변형체는 상기 분리영역의 한 면에 있는 중심(Z)에서 생성되며, 두 번째 수의 변형체는 상기 분리영역의 다른 면에 있는 중심에서 생성된다.

[0025] 본 발명의 추가의 바람직한 실시예에 따르면, 상기 고체는 고체 표면을 통해 냉각장치에 연결되며, 상기 냉각장치에 연결되는 상기 고체 표면은 표면에 평행하게 또는 실질적으로 평행하도록 구성되며, 이 표면을 통해 레이저 빔이 고체내로 침투하며, 상기 냉각장치는 인가된 레이저 조사에 따라, 특히 인가된 레이저 조사로부터 야기되는 고체의 온도 제어에 따라 작동된다. 특히 바람직하게는 고체가 관통하여 냉각장치에 연결되는 표면은, 레이저 빔이 상기 고체 표면을 관통하여 고체 내에 침투하는 표면의 정확히 반대편에 있다. 상기 실시예는, 변형체의 생성동안 발생하는 고체의 온도 상승이 제한되거나 감소될 수 있기 때문에 이점이 있다. 바람직하게는 상기 냉각장치는, 상기 레이저 빔에 의해 고체로 도입되는 열 입력이 상기 냉각장치에 의해 고체로부터 제거되는 것과 같은 방식으로 작동된다. 이는 열 유발 응력(thermally induced stress) 또는 변형의 발생이 그로 인해 상당히 감소될 수 있기 때문에 이점이 있다.

[0026] 본 발명의 추가의 바람직한 실시예에 따르면, 상기 냉각장치는 상기 고체의 온도를 감지하기 위한 적어도 하나의 센서 장치를 포함하며, 미리 형성된 온도 프로파일에 따라 상기 고체의 냉각을 야기한다. 상기 실시예는, 상기 고체의 온도 변화가 센서 장치에 의해 매우 정확하게 감지될 수 있기 때문에 이점이 있다. 바람직하게는 상기 온도 변화는 상기 냉각장치를 작동시키기 위한 데이터 입력으로서 사용된다.

[0027] 본 발명의 추가의 바람직한 실시예에 따르면, 상기 냉각장치는 이동장치에 결합되며 여기에 배열되는 고체와 함께 상기 냉각장치는 상기 변형체의 생성 동안 이동장치에 의해 회전되며, 특히 분당회전수 100번 이상 또는 분당회전수 200번 이상 또는 분당회전수 500번 이상 회전된다.

[0028] 본 발명의 추가의 바람직한 실시예에 따르면, cm^2 당 생성되는 변형체의 개수는 상기 고체의 2개 이상의 상이한 영역 내에서 다르며, 제1 블록에서, 변형체 라인의 제1 블록이 생성되고, 상기 라인마다의 개별 변형체는 바람직하게는 서로 $10\mu\text{m}$ 미만, 특히 $5\mu\text{m}$ 미만 또는 $3\mu\text{m}$ 미만 또는 $1\mu\text{m}$ 미만 또는 $0.5\mu\text{m}$ 미만으로 서로 이격되며, 제1 블록의 개별 라인들은 $20\mu\text{m}$ 미만, 특히 $15\mu\text{m}$ 미만 또는 $10\mu\text{m}$ 미만 또는 $5\mu\text{m}$ 미만 또는 $1\mu\text{m}$ 미만으로 서로 이격되어 생성되며, 제1 부분 분리영역은 상기 변형체의 제1 블록에 의해 형성되며 변형체 라인의 제2

블록은 제2 영역 내에서 생성되며, 라인마다의 개별 변형체는 $10\mu\text{m}$ 미만, 특히 $5\mu\text{m}$ 미만 또는 $3\mu\text{m}$ 미만 또는 $1\mu\text{m}$ 미만 또는 $0.5\mu\text{m}$ 미만으로 서로 이격되어 생성되며, 상기 제2 블록의 개별 라인들은 $20\mu\text{m}$ 미만, 특히 $15\mu\text{m}$ 미만 또는 $10\mu\text{m}$ 미만 또는 $5\mu\text{m}$ 미만 또는 $1\mu\text{m}$ 미만으로 서로 이격되어 생성되며, 제2 부분 분리영역은 상기 변형체의 제2 블록에 의해 형성되며, 상기 제1 영역 및 제2 영역은 제3 영역에 의해 서로 이격되며, 상기 제3 영역 내에서 레이저 조사에 의해 변형체는 생성되지 않거나 실질적으로 생성되지 않으며 상기 제1 영역은 $20\mu\text{m}$ 초과, 특히 $50\mu\text{m}$ 초과 또는 $100\mu\text{m}$ 초과 또는 $150\mu\text{m}$ 초과 또는 $200\mu\text{m}$ 초과까지 제2 영역 내에서 이격된다. 상기 실시예는, 변형체 블록들의 국부 생성의 결과로서, 상기 고체의 국부 절개부 중 하나가 발생할 수 있는 것과 같은 방식으로 큰 기계적 응력이 상기 고체에서 생성될 수 있거나 또는 예컨대 상기 고체에 정렬된 수용층 상에 열 반응과 같이 추가로 야기하는 사건의 결과로서, 절개부가 상기 고체내에 생성된다. 상기 변형체 블록들은, 절개부가 2개의 변형체 블록들 사이의 영역 내에서 안정적으로 이끌려진다는 효과를 갖는다. 변형체 블록들 덕분에, 제어되고 매우 정확한 절개부 전과는 더 적은 변형체에 영향을 받는다. 이는 상기 공정 시간이 짧아지고, 에너지 소비가 감소되며 고체의 열이 감소된다는 상당한 이점을 갖는다.

[0029] 바람직하게는 상기 제1 블록의 변형체는 $0.01\mu\text{m}$ 와 $10\mu\text{m}$ 사이의 펄스 간격에서 생성되며 및/또는 $0.01\mu\text{m}$ 과 $20\mu\text{m}$ 사이의 라인 간격이 제공 및/또는 16kHz 와 20MHz 사이의 펄스 반복 주파수가 제공된다.

[0030] 본 발명의 추가의 바람직한 실시예에 따르면, 변형체가 생성되는 위치에 따라, 상기 레이저 조사가 레이저 조사 원으로부터 상기 고체까지 안내되는 광학 시스템이 채택되며, 이는 적어도 하나의 개구수의 변형을 야기하며, 상기 고체의 에지 영역 내에서 하나의 위치에 있는 개구수는 상기 고체의 다른 위치보다 더 작으며, 상기 고체의 중심에 더욱 가깝다. 상기 실시예는, 다른 특징들을 가진 변형체가 생성되기 때문에 이점이 있다. 특히 에지 영역, 즉 에지로부터 (반경 방향으로) 10mm 까지 또는 5mm 까지 또는 1mm 까지 이격된 영역 내에서, 0.05 와 0.3 사이, 특히 실질적으로 또는 정확하게 0.1 인 개구수를 갖는 광학 시스템이 바람직하게 사용된다. 다른 영역들에 대해, 광학 시스템은 상기 개구수가 0.2 와 0.6 사이, 바람직하게는 0.3 과 0.5 사이 및 특히 바람직하게는 실질적으로 또는 정확하게 0.4 에 있는 것으로 사용된다.

[0031] 본 발명의 추가의 바람직한 실시예에 따르면, 상기 수용층의 열 반응은 20°C 미만, 특히 10°C 미만 또는 0°C 미만 또는 -10°C 미만 또는 100°C 미만 또는 상기 수용층의 재료의 유리 전이 온도 미만까지 상기 수용층의 냉각을 포함한다.

[0032] 상기 온도 제어의 결과로서, 변형체는 생성되거나 또는 재료 전환은 레이저에 의해 생성되며, $0.01\mu\text{m}$ 과 $10\mu\text{m}$ 사이, 특히 $0.2\mu\text{m}$ 의 펄스 간격이 제공되고 및/또는 $0.01\mu\text{m}$ 과 $20\mu\text{m}$ 사이, 특히 $3\mu\text{m}$ 의 라인 간격이 제공되며 및/또는 16kHz 와 20MHz 사이, 특히 128kHz 의 펄스 반복 주파수는 제공되며 및/또는 100nJ 와 2000nJ 사이, 특히 400nJ 의 펄스 에너지가 제공된다. 특히 바람직하게 본 발명에 따른 방법, 특히 탄화규소에 반응하는 것에 대해, 피코- 또는 펨토초 레이저가 이용되며, 상기 레이저는 바람직하게는 800nm 과 1200nm 사이, 특히 1030nm 또는 1060nm 의 파장을 갖는다. 상기 펄스 지속기간은 바람직하게는 100fs 와 1000fs 사이, 특히 300fs 이다. 또한 렌즈는 상기 레이저 빔의 초점을 맞추기 위해 사용되며, 상기 렌즈는 바람직하게는 20-100 폴드 감소, 특히 50-폴드 감소 또는 상기 레이저 빔의 초점 맞추기를 야기한다. 또한, 상기 레이저 빔의 초점을 맞추기 위한 광학 시스템은 0.1 - 0.9 , 특히 0.65 의 개구수(numerical aperture)를 갖는다.

[0033] 바람직하게는 상기 레이저 조사에 의해 야기되는 각각의 재료 전환은 상기 고체의 재료의 변형체이며, 상기 변형체는 예컨대 상기 고체의 결정 격자의 파괴로서 추가로 또는 대안적으로 이해될 수 있다. 본 발명의 추가의 바람직한 실시예에 따르면, 상기 고체는 이동되며, 특히 대체되며, 특히 상기 레이저 광원에 대해 회전된다. 바람직하게 상기 운동, 특히 레이저 광원에 대한 상기 고체의 회전은 연속적으로 발생한다. 상기 발생하는 회전 속도는 바람직하게는 초당 회전수 1번 또는 초당 회전수 5번 또는 초당 회전수 10번 또는 최소 100mm/s 의 선형 속도를 초과한다. 상기 고체는 바람직하게는 이 목적을 위해 회전 테이블 또는 회전 척(특히 접착됨)에서 배열된다. 상기 레이저 조사가 변형체를 생성하기 위해 상기 고체 표면을 관통하여 고체 내에 침투하는 상기 고체 표면의 cm^2 당 변형체의 개수는 회전 당 소정의(predefined) 최대 개수 미만이며, cm^2 당 및 회전 당 변형체의 최대 개수는 바람직하게는 상기 고체 재료 및 상기 레이저 조사의 에너지 밀도에 따라 및/또는 상기 레이저 조사 펄스의 기간에 따라 결정된다. 바람직하게 제어 장치가 제공되며 이는 전술한 파라미터 중 최소 2개 또는 3개 또는 전체 및 바람직하게는 다른 파라미터들에 따라, 미리 형성된 데이터 및/또는 기능들에 의해 cm^2 당 및 회전 당 생성될 변형체의 최대 개수를 결정한다. 이는 해로운 수직 절개부가 손상 밀도가 매우 큰 경우 형성되며, 상기 처리된 영역들과 아직 처리되지 않은 영역들 사이에서 형성되는 응력을 초래한다는 이점이 있다.

[0034] 추가로 또는 대안적으로 상기 레이저 광원에 대해 상기 고체의 연속적인 회전의 경우에, 상기 변형체는 상이한

패턴, 특히 각각 새롭게 생성되는 변형체 사이의 거리, 및/또는 다양한 에너지 입력, 특히 감소되는 에너지 입력으로 생성된다. 특히, 상기 레이저 또는 상기 웨이퍼 또는 고체는 XY 방향에서 대체될 수 있으며, 상기 변형체는 선형 XY 변위에 따라 생성된다. 바람직한 실시예에 따르면, XY 테이블이 사용되며 이는 상기 고체가 상기 레이저의 작동 동안 배열된다. 바람직하게 상기 레이저 빔이 편향되는 상기 광학 시스템은, 상기 언급된 제어 장치 또는 대안적인 제어 장치에 의해, 상기 고체의 운동, 특히 상기 고체의 회전에 따라 연속적으로 또는 단계적으로 조정되거나 재조정된다. 바람직하게 조정 또는 재조정의 결과로서, 제1 레이저 빔 프로파일과 상이한 제2 레이저 빔 프로파일은 조정 또는 재조정 전에 설정된 제1 레이저 빔 프로파일과 비교하여 조정된다. 그러므로, 상이한 레이저 빔 프로파일은 상기 제어 장치에 의해 상기 고체의 회전에 따라 설정된다. 특히 바람직하게 상기 레이저 주사 방향은 각각의 경우에 조정되거나 재조정되거나 다양해진다. 바람직하게 상기 레이저 광원, 상기 광학 시스템, 특히 상기 스캐너 및/또는 상기 고체를 이동시키는 장치, 특히 상기 회전 테이블 또는 회전 척은, 회전 당 에너지 입력이 동일하게 남아있거나 감소하는 방법으로 상기 제어 장치에 의해 작동되며, 상기 고체로의 에너지 입력은 바람직하게는 각각의 회전으로 연속적으로 감소하거나, 또는 각각의 케이스에서 복수의 회전 후에 단계적으로 감소한다. 상기 에너지 입력에서 단계별 감소의 경우에, 단계 당 회전수는 서로 상이하며 제1 단계는 둘 이상의 회전을 포함하며 또 다른 단계는 상기 제1 단계보다 더 많거나 적은 회전을 포함한다. 그러므로, 상기 단계들은 각각 동일한 회전수를 포함하는 것이 가능하다. 또한, 상기 단계 방법은 연속적인 방법과 혼합되거나 결합될 수 있다.

[0035] 바람직한 실시예에 따르면, 상기 레이저 빔은 변형체가 생기도록 여러 번 라인에 따라 작용할 수 있기 때문에 전체 변형체는 한 개의 라인에서 생성된다. 추가 대안에 따르면, 상기 라인들은 변형체를 생성하기 위해 상기 레이저의 작동 하에 교차하거나 오버랩할 수 있으며, 변형체의 제1 라인은 예를 들어 90° , 45° , 30° , 60° 의 소정의 각도 또는 다른 자유롭게 선택 가능한 각도에서 교차할 수 있다. 상기 변형체를 생성하기 위한 레이저 작동의 라인들 사이의 교차각은, 상기 생성되는 변형체의 효율성을 증가시키기 위해 상기 고체의 재료의 결정 배향에 기초할 수 있다.

[0036] 추가로 또는 대안적으로, 상기 레이저 광원은 스캐너로서 구성되며 상기 변형체는 상기 레이저 주사 방향, 상기 레이저 분극 방향 및 상기 결정 배향에 따라 생성된다. 바람직하게는 변형체를 생성하기 위해 요구되는 상기 장치들, 특히 상기 레이저 광원, 상기 광학 시스템 특히 스캐너, 및 상기 고체를 이동시키는 장치, 특히 상기 회전 테이블 또는 회전 척은, 미리 형성된 데이터 및/또는 다른 기능들에 의해, 전술된 파라미터들 중 적어도 2개 또는 3개 및 바람직하게는 다른 파라미터들에 따라 전술된 제어 장치 또는 대안의 제어 장치에 의해 제어된다.

[0037] 추가로 또는 대안적으로 상기 변형체 생성 방향 또는 상기 고체의 원주 방향에서 연속적으로 생성되는 2개의 변형체의 중심들 사이의 거리는 10000nm 미만, 특히 1000nm 미만, 특히 100nm 미만이다.

[0038] 추가로 또는 대안적으로 상기 변형체 생성 방향 또는 상기 고체의 원주 방향에서 연속적으로 생성되는 변형체의 외측 경계들은 1000nm 미만, 특히 1000nm 미만, 특히 100nm 미만으로 서로 이격된다.

[0039] 본 출원발명은 고체로부터 고체 부분을 분리하기 위해 고체 내 분리영역을 생성하는 방법에 관한 것이며, 이는 적어도 이후 언급되는 단계들을 포함한다:

[0040] 처리될 고체를 제공하는 단계, 레이저 광원을 제공하는 단계, 고체에 레이저 광원으로부터 레이저를 조사하는 단계, 상기 레이저 조사는 변형체, 특히 고체에서 변형체 격자 결함을 생산하며, 제어 장치는 상기 레이저 광원 및/또는 상기 고체를 이동시키는 장치, 특히 회전 테이블 또는 회전 척, 및/또는 광학 시스템, 특히 개별적 또는 복수의의 구체적인 파라미터들에 따라 또는 개별적 또는 복수의의 상기 파라미터들의 기능으로서의 스캐너를 작동시키도록 제공된다.

[0041] 바람직하게 상기 고체는 상기 레이저 광원에 대해 회전하며 상기 레이저 조사가 상기 변형체를 생산하기 위해 상기 고체 표면을 관통하여 상기 고체 내에 침투하는 고체 표면의 cm^2 당 회전 당 변형체의 개수는 미리 형성되는 최대 개수 미만이며, cm^2 당 및 회전 당 변형체의 최대 개수는 상기 레이저 조사의 고체 재료 및 에너지 밀도에 따라 결정되며 및/또는 상기 레이저 광원에 대한 고체의 연속적인 회전의 경우에, 상기 변형체는 상이한 패턴, 특히 각각 새롭게 생성되는 변형체 사이의 거리 및/또는 다양한 에너지 입력, 특히 감소된 에너지 입력으로 생성되며, 및/또는 상기 레이저 광원은 스캐너로서 구성되며 상기 변형체는 상기 레이저 주사 방향, 상기 레이저 분극 방향 및 상기 변형체 방향에 따라 생성되며, 및/또는 상기 변형체 생성 방향 또는 고체의 원주 방향에서 연속적으로 생성되는 2개의 변형체의 중심들 사이의 거리는 10000nm 미만, 특히 1000nm 미만, 특히 100nm 미만이며, 상기 변형체 생성 방향 또는 상기 고체의 원주 방향에서 연속적으로 생성되는 변형체의 외측 경계들

은 1000nm 미만, 특히 1000nm 미만, 특히 100nm 미만으로 서로 이격된다.

[0042] 바람직하게 이동 사이클(travel cycle), 특히 광학 시스템, 특히 스캐너에 대해 상기 고체의 회전에서 생성될 수 있는 변형체의 최대 가능한 개수는, 반경 방향으로 및 라인마다의 생성될 수 있는 최대 변형체에서 서로 이격되는 복수의 평행한 라인들에 의해 결정된다. 바람직한 실시예에 따라, 상기 레이저 빔은, 상기 레이저 빔의 분할에 따른 변형체의 상응하는 개수를 생성하기 위해 복수의 레이저 빔으로 회절하는 광학 기기에 의해 분할될 수 있다. 바람직하게는 복수의 라인들은 2개 이상 및 바람직하게는 10개 이상 및 더욱 바람직하게는 50개 까지 또는 100개 까지 또는 200개의 라인까지 포함한다. 상기 생성되는 패턴에 따라, 제1 이동 사이클에서 라인들의 구체적인 개수, 예를 들어 x-번째 라인마다 또는 x-번째와 y-번째 라인마다 또는 x-번째마다 및 x-번째에서 z를 뺀 라인마다 변형체가 함께 제공된다. 구체적으로 예를 들어, 5번째 라인마다 변형체가 제공될 수 있다. 대안적으로는 5번째 라인과 7번째 라인마다 변형체가 제공될 수 있다. 대안적으로는, 예를 들어, 5번째 라인마다 및 매 5번째 라인에서 2를 뺀 라인마다 변형체가 제공될 수 있으며, 3번째, 5번째, 8번째, 10번째, 13번째, 15번째 등의 라인이 변형체가 제공된다는 결과를 갖는다. 또한 상기 변형체는 블록에서 제공되며, 즉 예를 들어 50개의 연속적인 라인들 중 한 개의 블록은 하나의 변형체를 포함하고 뒤이은 50개의 라인은 변형체를 포함하지 않으며, 변형체가 없는 50개의 라인들 중 상기 블록에 뒤이어 변형체와 함께 50개의 라인들 중 하나의 블록이 뒤따른다. 이는 복수의 라인들의 대안의 블록과이즈 변형체가 제공된다는 것을 의미한다. 추가의 실시예에 따르면, 상기 대안의 블록들의 너비는, 상기 샘플의 에지로부터의 거리에 따라 다양하며, 즉 예를 들어, 상기 에지 영역 내에서, 상기 블록들은 상기 샘플의 중심에 대해 더 작은 변형체의 라인 번호 및 더 높은 변형체의 라인 번호를 갖는다. 추가로 또는 대안적으로 변형체가 생성되는 라인들 사이의 거리는 기능에 따라 다양하다는 것은 실현 가능하다. 제1 이동 사이클의 종료 뒤, 특히 제1 회전의 뒤에 일어나는 제2 이동 사이클에서, 서로 이격되는 대안의 라인이 개시된다. 제2 이동 사이클 및 추가의 이동 사이클에서, 다른 라인 번호들은 변수 x, y, z에 대해 제공될 수 있다. 또한, 더 많거나 더 적은 변수들이 제공될 수 있다. 추가로 또는 대안적으로, 라인의 개별 변형체 사이의 간격은 패턴에 따라 생성될 수 있다. 그러므로, 바람직하게 하나의 라인에서 변형체는 제1 이동 사이클, 특히 제1 회전, 예를 들어 a번째 위치마다(변형체가 제공됨) 또는 a번째 및 b번째 위치마다 또는 매 a번째 및 매 a번째에서 c를 뺀 위치에서만 생성될 수 있다. 추가로 또는 대안적으로 변형체가 생성되는 위치들 사이의 간격은 기능에 따라 다양하다. 제1 이동 사이클의 종료 뒤에, 특히 제1 회전의 뒤에 일어나는 제2 이동 사이클에서, 서로 이격되는 대안의 라인이 개시된다. 제2 이동 사이클 및 추가의 이동 사이클에서, 다른 라인 번호들은 변수 a, b, c에 대해 제공될 수 있다. 추가로 또는 대안적으로 처리되는 라인들은 이동 위치 또는 위치, 특히 회전 위치 및 회전의 수에 따라 결정되며 및/또는 처리되는 라인들에서의 위치(또는 변형체가 생성되는 위치)는 이동 위치 또는 이동 위치, 특히 회전 위치 및 회전수에 따라 결정된다. 특히 상기 고체 또는 상기 광학 시스템의 선형 이동 경로의 경우에, 서로에 대해 기울어진, 특히 직각인 상기 변형체의 라인들 또는 뺄뺄한 부분이 생성될 수 있다.

[0043] 추가의 바람직한 실시예에 따르면, 상기 레이저 조사에 의해 야기되는 각각의 재료 전환은 상기 고체의 재료의 변형체이며, 상기 고체는 상기 레이저 조사가 변형체를 생성하기 위해 상기 고체 표면을 관통하여 상기 고체 내에 침투하 상기 고체 표면의 cm^2 당 변형체의 개수 및 레이저 광원에 대해 XY 방향으로 병진 이동되며, XY 방향으로 병진 이동에 따라 그리고 cm^2 당 변형체의 최대 개수는 상기 고체 재료 및 상기 레이저 조사의 에너지 밀도에 따라 바람직하게 결정되며 및/또는 상기 레이저 광원에 대해 고체의 XY 방향에서 병진 운동에 따라, 상기 변형체는 상이한 패턴, 특히 새롭게 생성되는 개별 변형체 사이의 거리 및/또는 다양한 에너지 입력, 특히 감소된 에너지 에너지 입력으로 생성되며, 및/또는 상기 레이저 광원은 스캐너로서 구성되며 상기 변형체는 상기 레이저 주사 방향, 상기 레이저 분극 방향 및 상기 결정 배향에 따라 생성되며 및/또는 상기 변형체 생성 방향에서 연속적으로 생성되는 2개의 변형체의 배치들 사이의 거리는 10000nm 미만, 특히 1000nm 미만, 특히 100nm 미만이며, 및/또는 상기 변형체 생성 방향에서 연속적으로 생성되는 변형체의 외측 경계들은 1000nm 미만, 특히 1000nm 미만, 특히 100nm 미만으로 서로 이격된다.

[0044] 추가의 바람직한 실시예에 따르면, 상기 레이저 조사는 변형체, 특히 상기 고체 내 변형체 결정 격자 결함을 생성하며, 상기 고체는 상기 레이저 조사가 상기 변형체를 생성하기 위해 상기 고체 표면을 관통하여 상기 고체 안으로 침투하는 상기 고체 표면의 cm^2 당 변형체의 개수 및 레이저 광원에 대하여 병진 이동되며, cm^2 당 변형체의 최대 개수 및 상기 XY 방향에서 병진 운동에 따라 바람직하게는 상기 고체 재료 및 상기 레이저조사의 에너지 밀도에 따라 결정되며 및/또는 상기 레이저 광원에 대한 상기 고체의 XY 방향에서 병진 운동에 따르면, 상기 변형체는 상이한 패턴들, 특히 각각 새롭게 생성되는 변형체 사이의 거리 및/또는 다양한 에너지 입력, 특히

감소된 에너지 입력으로 생성되며, 및/또는 상기 레이저 광원은 스캐너로서 구성되며 상기 변형체는 상기 레이저 주사 방향, 상기 레이저 분극 방향 및 상기 변형체 방향에 따라 생성되며, 및/또는 상기 변형체 생성 방향에서 연속적으로 생성되는 2개의 변형체의 배치들 사이의 거리는 10000nm 미만, 특히 1000nm 미만, 특히 100nm 미만이며, 및/또는 상기 변형체 생성 방향에서 연속적으로 생성되는 변형체의 외측 경계들은 1000nm 미만, 특히 1000nm 미만, 특히 100nm 미만으로 서로 이격된다.

[0045] 상기 제어 유닛은 예컨대 이동 사이클의 개수 및/또는 바람직하게는 광학적으로 감지되는 국부 열 진화에 따라 및/또는 센서 및/또는 재료 특성, 특히 고체의 밀도 및/또는 강도 및/또는 열 전도성에 의해 변형체의 발생을 제어한다. 본 발명은 추가로 상기 고체, 특히 웨이퍼로부터 적어도 하나의 고체 부분을 분리하는 방법에 관한 것이며, 적어도 다음 단계들을 포함한다: 청구항 제 1 항 내지 제 5 항 중 임의의 청구항에 따른 방법에 따른 처리되는 고체에 수용층을 배열하는 단계, 상기 고체에서 절개부 전과 응력을 기계적으로 생성하기 위해 수용층에 대한 열 처리하는 단계, 절개부 전과 응력의 결과로서, 절개부는 상기 분리영역을 따라 상기 고체로 전파한다.

[0046] 상기 목적은 바람직하게는 또한 이후에 명시되는 방법에 의해 해결된다. 고체, 특히 웨이퍼로부터 적어도 하나의 고체 부분을 분리하기 위한 본 발명에 따른 방법은, 변형체 수단들, 특히 레이저, 특히 피코- 또는 펨토초 레이저에 의해 상기 고체의 결정 격자를 변형체하는 단계를 적어도 포함하며, 복수의 변형체는 상기 결정 격자에서 생성되며, 상기 변형체의 결과로서, 상기 변형체 격자는 적어도 각각의 일 부분에서 변형체를 둘러싸는 영역 내에서 절개되며, 분리영역은 상기 변형체의 영역 내에서 절개부에 의해 미리 형성되며; 상기 고체 부분을 지지하기 위해 상기 고체에 수용층을 배열하는 단계; 상기 고체에서 응력을, 특히 기계적으로 생성하기 위해서 상기 수용층에 열 반응하는 단계, 상기 주요 절개부는 바람직하게는 상기 고체로부터 상기 고체 부분을 분리한다.

[0047] 본 발명은 고체, 특히 웨이퍼로부터 적어도 하나의 고체 부분을 분리하는 방법에 의해 해결된다. 상기 방법은 적어도 다음 단계들을 포함한다: 변형체 수단들, 특히 레이저, 특히 피코- 또는 펨토초 레이저에 의해 상기 고체의 결정 격자를 변형체하는 단계, 복수의 변형체는 상기 결정 격자에서 생성되며, 변형체의 결과로서, 응력을 이끄는 절개부는 상기 고체를 분리하는 절개부가 응력을 이끄는 절개부, 특히 개별 변형체의 중심에 대한 오프셋에 의해 안내되는 방식으로 변형체를 둘러싸는 적어도 하나의 고체 영역 내에서 결정 격자에서 생성되며, 분리영역은 변형체의 고체 부분에서 응력을 이끄는 절개부에 의해 미리 형성되며, 상기 고체 부분을 지지하기 위해 상기 고체에 수용층을 정렬하는 단계, 상기 고체에서 응력을, 특히 기계적으로 생산하기 위해 상기 수용층에 열 처리하는 단계, 절개부는 상기 응력을 이끄는 절개부의 결과로서 상기 분리영역을 따라 상기 고체로 전파된다.

도면의 간단한 설명

[0048] 본 발명의 추가 이점, 목표 및 특성들은 본 발명에 따른 분리 방법이 도시된, 상세한 설명에 첨부된 도면들을 참조하여 설명된다. 본 발명에 따른 방법에서 바람직하게 사용되며 및/또는 도면들에서 기능에 대해 적어도 실질적으로 일치하는 구성요소 및 구성 성분들은 동일한 참조 번호로 나타나며, 상기 구성요소 및 구성 성분들은 도면들에서 번호 매겨지거나 설명될 필요가 없다.

도 1은 본 발명에 따른 고체 내에서 분리층의 레이저-기반 생성의 개략도이다.

도 2는 고체층을 고체로부터 분리하는 바람직한 분리 공정의 개략도를 도시한다.

도 3은 분리되는 고체 부분의 분리영역(detachment zone)을 따라 형성되는 표면들의 2개의 현미경 사진이다.

도 4는 본 발명에 따른 효과를 나타내는 도면이다.

도 5a 내지 도 5c는 고체의 변형체 블록(modification block)을 각각 도시하는 3개의 개략적인 단면도이다.

도 5d 및 도 5e는 분리영역을 따라 분할되는 고체들의 2개의 개략도이며, 도 5d는 변형체 잔류물을 나타내지 않으며 도 5e는 변형체 잔류물을 나타낸다.

도 6a 내지 도 6c는 변형체 블록들 및 이로 인해 생성되는 국부적 고체 초기 절개부 또는 국부적 고체 열화물(local sealed weakening)에 대한 3개의 개략도이다.

도 7a 내지 도 7c는 예시적인 절개부 프로파일의 3개의 개략도이다.

도 8a 내지 도 8c는 고체로부터 고체 부분 또는 고체층, 특히 웨이퍼의 다수의 분리를 도시한다.

도 9a 내지 도 9f는 수용층상의 열작용의 결과로서 개시되는 절개부까지 고체의 준비로부터 복수의 단계를 도시한다.

도 10a는 고체 부분의 분리 후의 상태에 대한 개략도이다.

도 10b는 또 다른 고체층을 분리하기 위해 변형체를 생성하는 잔류 고체에 대한 또 다른 레이저 인가를 나타낸다.

도 10c는 냉각장치에 배열되는 잔류 고체의 개략도이며, 상기 냉각장치는 이동 장치, 특히 회전 테이블에 배열된다.

도 10d는 고체의 변형체를 생성하는 개략도이다.

도 11은 냉각장치, 특히 냉각 척의 개략도이다.

도 12는 바람직하게 사용되는 광학 시스템의 개략도이다.

도 13은 고체에서 변형체 생성 동안 중첩된 빔(superposed beam) 또는 빔 구성요소의 개략도이다.

도 14a 내지 도 14c는 결정 격자 변형체의 현미경 사진이다.

도 15a 및 도 15b는 결정 격자 변형체의 추가 현미경 사진이다.

도 16a 및 도 16b는 결정 격자 변형체의 추가 현미경 사진이다.

도 17a 내지 도 17f는 변형체 및 분리영역의 개략도이다.

도 18a 내지 도 18d는 변형체 및 분리영역의 또 다른 개략도이다.

도 19a 내지 도 19d는 변형체 및 분리영역의 또 다른 개략도이다.

도 20은 변형체의 상이한 농도에 대한 개략도이다.

도 21은 고체의 연마 표면을 통해 생성되는 변형체의 평면도의 현미경 사진이다.

도 22a 및 도 22b는 절개부에 의해 분리되는 고체 부분의 표면 구조체의 도면이다.

도 23은 변형체에 의해 변경되는 고체의 또 다른 개략도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0049] 도 1의 참조 번호 "1"은 고체를 지시하며, 고체(1)에서, 본 발명에 따른 변형체(9)는 분리영역(2)을 형성하기 위해 생성되며, 이 분리영역 내에서 또는 분리영역을 따라 고체(1)가 2개 이상의 구성요소로 분리된다. 변형체(9)는 고체의 재료의 재료 전환체 또는 상 전환체이며, 이를 통해 분리영역(2)이 생성된다. 변형체(9)는 적어도 하나의 레이저 빔(4)에 의해 생성된다. 상기 레이저 빔(4)은 바람직하게는 처리된, 특히 연마된 표면(5)을 통해 바람직하게는 적어도 부분적으로 투명한 고체(1) 내로 침투한다. 표면(5)에서, 상기 적어도 하나의 레이저 빔은 바람직하게는 굴절되며, 이는 참조 번호 "6"으로 지시된다. 상기 적어도 하나의 레이저 빔은 그 후 상기 변형체를 생성하기 위해 초점(8)을 형성한다. 연마된 표면(5)은 또한 주 표면(18)으로 지칭될 수 있다.

[0050] 도 2는 또한 처리된 고체(1)를 도시하며, 고체(1)의 적어도 하나의 표면, 특히 부분적으로 또는 완전히 표면(5)을 커버하거나 표면(5)과 중첩하는 표면 위에, 고체(1) 내에 응력을 도입하기 위해 수용층(140)이 제공되며, 특히 인가되거나 생성된다. 고체(1)로부터 고체층 또는 고체 부분을 분할한 후에, 수용층(140)은 처음에는 분할된 고체 부분 위에 남아 있어서, 이를 수용하는 역할을 한다. 수용층(140)은 바람직하게는 폴리머 재료로 이루어지거나 또는 폴리머 재료, 특히 PDMS를 포함한다. 수용층(140)의 온도 제어, 특히 냉각의 결과로서, 수용층(140)이 수축하여 고체(1) 내에 응력을 도입하며, 이것에 의해 고체(1)로부터 고체 부분의 분리를 위해 절개부가 개시되고 생성 및/또는 안내된다.

[0051] 고체(1)의 레이저 조사는 특히 바람직하게는 고체(1)의, 특히 고체(1) 내부의 국부적 온도 제어를 형성한다. 온도 제어의 결과로서, 고체 재료의 화학적 결합이 변하며, 그 결과 레이저 조사된 부분에서 고체(1)의 강도 또는 안정성의 변화, 특히 감소가 초래된다. 레이저 조사는 바람직하게는 고체(1)를 침투하는 전체 평면에서 일어나며, 또한 고체(1)를 침투하는 평면의 최소 또는 최대 30% 또는 50% 또는 60% 또는 70% 또는 80% 또는 90%가 본

발명에 따른 변형체를 겪는 것도 가능하다.

- [0052] 참조 번호 "10"은 고체(1)를 절단한 후의 제1 고체 부분을 지시하며, 참조 번호 "12"는 고체(1)를 절단한 뒤의 제2 고체 부분을 지시한다. 참조 번호 "11"은 표면을 추가로 지시하며, 이 표면들을 따라 2개의 고체 부분(10, 12)이 서로 분리된다.
- [0053] 도 3은 제1 고체 부분(10) 및 제2 고체 부분(12)의 표면(11)을 도시하며, 제1 고체 부분(10) 및 제2 고체 부분(12)은 표면들(11)을 따라 서로 분리되었다. 도 3은 고체(1)의 미처리 부분 또는 미처리 영역(51)과 고체(1)의 처리 부분 또는 처리 영역(52)을 도시한다. 처리 부분(52)은 본 발명에 따른 레이저 조사에 의해 형성되었으며 고체(1)의 재료가 이 영역 내에서 변경되거나 전환된 것을 보여준다.
- [0054] 도 4는 고체 부분(12)의 분리 후에 조건 1B에서 라만 스펙트럼(참조 번호 "53")(6H-SiC)을 도시한다. 참조 번호 "54"는 강도(%)를 지시하며 참조 번호 "56"은 파수(cm^{-1})를 지시한다. 참조 번호 "61"은 도 3에서 참조 번호 "51"로 표시된 미처리 재료 부분에 대한 그래프를 추가로 나타내며, 참조 번호 "62"는 도 3의 참조 번호 "52"로 표시된 처리 재료 부분에 대한 그래프를 나타낸다. 참조 번호 "51" 및 "52"로 나타낸 재료 부분은 상이한 재료 특성을 가지며, 특히 상이한 물질이라는 것이 라만 스펙트럼(53)으로부터 추론될 수 있다.
- [0055] 본 발명에 따른 레이저 조사는 에너지 입력의 물질-특유의 공간적으로 분해된 누적을 초래하며, 그 결과 정의된 위치(들)에서 및 정의된 시간에 고체(1)의 정의된 온도 제어(가) 이루어진다. 구체적 응용에서, 고체(1)는 탄화규소로 이루어질 수 있으며, 그 결과 바람직하게는 고체(1)의 국소적으로 매우 제한된 온도 제어(예컨대 $2,830 \pm 40^\circ\text{C}$ 초과(의 온도까지)가 수행된다. 상기 온도 제어에 의해 새로운 물질 또는 상, 특히 결정질 및/또는 비정질 상이 얻어지며, 얻어진 상들은 강도가 상당히 감소되어 형성되는 바람직하게는 Si(규소) 및 DLC(diamond-like carbon) 상들이다. 그 다음 상기 감소된-강도 층의 결과로서 분리영역(2)이 얻어진다. 상기 레이저는 고체 또는 웨이퍼 공정에서의 에지 효과를 피하기 위해 공간적으로 분해된 샘플 온도 측정에 의해 조정되는 것이 바람직하다.
- [0056] 도 5a는, 고체(1)의 2 이상의 상이한 영역 내에서 cm^2 당 생성된 변형체의 개수가 다르다는 점을 도시한다. 제1 영역 내에서, 변형체 라인들의 제1 블록(91)이 생성되며, 라인마다의 개별 변형체(9)는 바람직하게는 $10\mu\text{m}$ 미만, 특히 $5\mu\text{m}$ 미만 또는 $3\mu\text{m}$ 미만 또는 $1\mu\text{m}$ 미만 또는 $0.5\mu\text{m}$ 미만으로 서로 이격되어 생성된다. 제1 변형체 블록(91)의 개별 라인들은 바람직하게는 $20\mu\text{m}$ 미만, 특히 $15\mu\text{m}$ 미만 또는 $10\mu\text{m}$ 미만 또는 $5\mu\text{m}$ 미만 또는 $1\mu\text{m}$ 미만으로 서로 이격되어 생성된다. 고체(1) 내 기계적 응력은 변형체(9)의 제1 블록(91)에 의해 생성된다.
- [0057] 변형체 라인의 제2 블록(92)은 제2 영역 내에서 생성되며, 라인마다의 개별 변형체는 $10\mu\text{m}$ 미만, 특히 $5\mu\text{m}$ 미만 또는 $3\mu\text{m}$ 미만 또는 $1\mu\text{m}$ 미만 또는 $0.5\mu\text{m}$ 미만으로 서로 이격되어 생성된다. 제2 블록(92)의 개별 라인은 바람직하게는 $20\mu\text{m}$ 미만, 특히 $15\mu\text{m}$ 미만 또는 $10\mu\text{m}$ 미만 또는 $5\mu\text{m}$ 미만 또는 $1\mu\text{m}$ 미만으로 서로 이격되어 생성된다. 고체(1) 내 기계적 응력은 변형체(9)의 제2 블록(92)에 의해 생성된다.
- [0058] 제1 영역 및 제2 영역은 제3 영역에 의해 서로 이격되며, 제3 영역에는 레이저 조사에 의해 변형체가 생성되지 않거나 실질적으로 생성되지 않으며, 제1 영역은 제2 영역으로부터 $20\mu\text{m}$ 초과, 특히 $50\mu\text{m}$ 초과 또는 $100\mu\text{m}$ 초과 또는 $150\mu\text{m}$ 초과 또는 $200\mu\text{m}$ 초과하여 이격된다.
- [0059] 이 경우에 변형체(9)는 바람직하게는 후속 고체층(12)의 표면(5)을 통해 고체(1) 내에 도입된다. 레이저 빔이 관통하여 도입되는 표면(5)과 변형체(9) 사이의 거리는, 표면(5)으로부터 이격되고 바람직하게는 표면에 평행하게 정렬된 고체(1)의 다른 표면(7)으로부터 변형체(9)까지의 거리보다 짧은 것이 바람직하다.
- [0060] 이 도면에 따른 분리영역(2)은 한편으로는 고체의 길이방향으로 모든 변형체(9)의 아래 또는 위에 놓이며 바람직하게는 변형체(9)로부터 이격된다는 것이 명백하다.
- [0061] 도 5b는 유사한 기본 구조체를 도시한다. 그러나 도 5b에 따르면 분리영역(2)은 변형체(9)를 통과하여 연장한다.
- [0062] 도 5c는 분리영역(2)이 또한 변형체(9)의 중심을 통과하여 진행할 수 있다는 것을 추가로 도시한다.
- [0063] 이 경우 분리영역(2)의 코스는 예컨대 변형체(9)의 개수 및/또는 변형체(9)의 크기 및/또는 블록(91, 92)의 개개의 변형체들(9)의 간격에 의해 조정 가능하다.
- [0064] 도 5d는 도 5a에 도시된 분리영역(2)을 따라 고체층(12)의 분리 후의 잔류 고체(1)를 도시한다. 이 경우에 변형체(9)는 잔류 고체(1)로부터 완전히 제거되기 때문에, 잔류 고체(1)는 이 변형체들(9)의 잔류물을 전혀 보여주

지 않는다.

- [0065] 그러나 변형체(9)의 잔류는 도 5e로부터 볼 수 있다. 상기 변형체 잔류들은, 고체(1)가 도 5b 또는 도 5c에서 나타난 분리영역들 중 하나를 따라 분리되는 경우에 얻어진다. 변형체 블록(91, 92)은 변형체가 없거나 또는 cm^2 당 약간의 변형체를 갖는 필드(901, 902, 903)에 의해 서로 이격되는 것이 바람직하다는 점이 추가로 확인될 수 있다. 이 경우에 변형체(9)이 없거나 또는 약간의 변형체(9)를 갖는 필드들은 바람직하게는 변형체 블록(91, 92)이 생성되는 영역보다 더 작거나 더 클 수 있다. 바람직하게는 변형체 블록(91, 92)이 생성되는 영역들 중 적어도 하나, 여러 개 또는 대부분은, 변형체(9)이 없거나 약간의 변형체(9)이 생성되는 영역보다 몇 배, 특히 최소 1.1배, 또는 1.5 배 또는 1.8배 또는 2배 또는 2.5배 또는 3배 또는 4배이다.
- [0066] 도 6a 내지 도 6c는 본 발명의 또 다른 실시예를 도시한다. 이 도면들에 따르면, 변형체 블록(91, 92)은 국소적 재료 약화 또는 국소적 고체 초기 절개부 또는 응력의 국소적 증가를 생성하기 위해 사용된다. 참조 번호 "25"는 국소적 재료 약화 또는 국소적 고체 초기 절개부 또는 응력의 국소적 증가가 일어나는 제1 부분적 분리영역 또는 절개부 부분을 나타내며, 참조 번호 "27"은 국소적 재료 약화 또는 국소적 고체 초기 절개부 또는 응력의 국소적 증가가 일어나는 제2 부분적 분리영역을 나타낸다. 개개의 부분적 분리영역들 또는 절개부 부분들은 바람직하게는 단부(71, 72)를 형성하며, 이 단부를 넘어서 각각의 부분적 분리영역 또는 절개부 부분이 확장될 수 있다. 상기 부분적 분리영역들 또는 절개부 부분들은 바람직하게는 수용층(140)(도 2)에 의해 달성된 힘의 도입의 결과로서 확장된다.
- [0067] 도 7a 내지 도 7c는, 미리 결정된 패턴 또는 두께 변화가 생성되거나 보상되는 방식으로 분리영역(2)의 코스가 변형체 블록(91, 92, 93)의 생성의 결과로서 제어되는 실시예를 도시한다. 이 경우에 분리영역(2)의 코스는 예컨대 변형체(9)의 개수 및/또는 변형체(9)의 크기 및/또는 블록(91, 92, 93)의 개개의 변형체(9)의 간격에 의해 조정 가능하다.
- [0068] 도 7a에서, 분리영역(2)은 하기 언급되는 구성요소들에 의해 형성된다: 외측 에지와 제1 변형체 블록(91)사이의 절개부(31), 뒤이어 변형체(9)의 제1 블록(91)에 의해 직접적으로 생성되는 제1 절개부 부분(25), 뒤이어 2개의 변형체 블록들(91, 92) 사이의 절개부(32), 뒤이어 변형체(9)의 제2 블록(92)에 의해 직접적으로 생성되는 제2 절개부 부분(27), 뒤이어 변형체 블록(92)와 고체(1)의 추가 외측 에지 사이의 절개부(33). 이것에 의해, 분리영역(2)은, 고체(1)로부터 고체층(12)의 분리를 위한 절개부가 상이한 평면들의 섹션들에서 진행되는 방식으로 미리 형성될 수 있음이 명확하다.
- [0069] 도 7b에 의하면, 분리영역(2)은, 상기 절개부 과정들이 복수의 기하학적 전환점을 포함하는 방식으로 선택될 수 있음이 명확하다.
- [0070] 도 7c는 단순히 분리영역(2)의 또 다른 가능한 구성의 예를 도시한다.
- [0071] 도 7a 내지 도 7c에 대하여, 파형 코스의 형태는 노출 표면의 향후 처리, 특히 뒤이은 그라인딩 및/또는 연마 단계들에 있어서 이점을 갖는다는 것을 알아야 한다. 변형체(9)의 실질적으로 매우 낮은 높이의 결과로서, 이에 의해 생성된 실제 파형은 고해상도로만 검출될 수 있다. 그러나 블록들(91, 92, 93)과 같은 변형체 블록에 의해, 절개부는, 변형체(9)이 생성되지 않거나 약간 생성되는 영역 내에서 매우 잘 통제된 방식으로 유도될 수 있다.
- [0072] 도 8a 내지 도 8c는 고체(1) 특히 잉곳의 다수의 공정을 도시하며, 고체(1)는 각각의 경우에 고체 부분(12) 특히 고체층(12)에 의해 얇아진다. 이 도면들은 도 2에 도시된 바와 같이 인가될 어떤 수용층(140)도 보여주지 않는다. 그러나, 본 발명에 있어서, 각각의 경우에 고체 부분(12)을 수용하기 위해 및 표면들(5, 502, 504) 위에 절개부를 야기하거나 및/또는 촉진시키기 위해 수용층(140)이 적용될 수 있다.
- [0073] 그러므로 도 8a 내지 8c는 각각 고체(1)에 대한 레이저 광원으로부터의 레이저 조사의 인가를 도시하며, 상기 레이저 빔은 분리될 고체층(12)의 표면(5, 502, 504)을 통해 고체(1) 내에 침투한다. 고체(1) 내부의 고체(1)의 소정의 부분은, 분리영역(2) 또는 복수의 부분 분리영역을 형성하기 위해 정의된 방식으로 레이저 조사에 의해 온도-제어되며, 고체(1)의 소정의 부분에 생성된 온도는, 상기 소정의 부분을 형성하는 재료가 미리 형성된 재료 전환의 형태로 변형체(9)하도록, 매우 높은 것이 바람직하다. 변형체(9)의 개수 및 배열은 조정 가능하며 바람직하게는 소정의다. 고체 부분(12)의 분리 후에, 레이저 광원으로부터 레이저 조사의 새로운 인가가 잔류 고체(1)에 이루어지며, 레이저 조사 온도는 분리영역(2)을 형성하기 위해 정의된 방식으로 고체(1) 내부의 고체(1)의 소정의 부분을 제어하며, 잔류 고체(1)의 소정의 부분에 생성된 온도는 상기 소정의 부분을 형성하는 재료가 미리 결정된 재료 전환을 겪도록 다시 매우 높다. 따라서 동일한, 유사한 또는 상이한 두께를 갖는 고체

부분(12), 특히 고체층(12), 특히 웨이퍼가 고체(1)로부터 분리될 수 있다. 바람직하게는, 고체(1)는, 1000 μm 미만, 특히 800 μm 미만 또는 500 μm 미만 또는 300 μm 미만 또는 200 μm 미만 또는 150 μm 미만 또는 110 μm 미만 또는 75 μm 미만 또는 50 μm 미만의 두께를 갖는, 복수의 특히 2 초과 또는 5 초과 또는 10 초과 또는 20 초과 또는 50 초과 또는 100 초과 또는 150 초과 또는 200 초과의 고체층들(12)이 고체(1)로부터 분리될 수 있는 길이를 갖는다. 바람직하게는, 고체층(12)의 각각의 분리 후에 잔류 고체(1)의 새롭게 노출된 표면(502, 504)의 기계가공이 뒤따른다.

[0074] 도 9a 내지 도 9f는 고체층(12)을 생성하기 위한 본 발명에 따른 방법에 따라 일어날 수 있는 예시적인 상이한 공정 상황들을 개략적으로 도시한다.

[0075] 도 9a는 고체(1) 특히 잉곳의 준비를 도시한다.

[0076] 도 9b에 따르면, 준비된 고체(1)가 냉각장치(3)에 배열된다. 바람직하게는 냉각장치(3)는 냉각 척(chuck)이다. 특히 바람직하게는 고체(1)는 공구 캐리어(척)에 결합되거나 접촉되거나 용접되거나 나사조임되거나 꼭 물려지며(clamped), 상기 공구 캐리어는 바람직하게는 냉각 기능을 포함하므로 냉각장치(3)에 선호된다. 상기 공구 캐리어는 45%~60% 특히 54%의 철, 20%~40% 특히 29%의 니켈, 및 10%~30% 특히 17% 코발트의 조성을 갖는 합금으로 이루어지는 것이 바람직하다. 여기서 비율 정보는 총 질량의 비율과 관련이 있다. 바람직한 냉각장치(3)의 예가 도 11에 도시되어 있다. 고체(1) 및 냉각장치(3)는 바람직하게는 동일하거나 유사한 열팽창을 갖는다. 여기서 유사한 열팽창이란, 바람직하게는, -200°C부터 200°C까지의 온도 범위에서 10°C의 온도 증가 시의 열팽창으로서, 고체(1) 및 냉각장치(3)의 열팽창에서의 차이가 가장 강력하게 팽창하는 물체(냉각장치 또는 잉곳)의 열팽창의 50% 미만, 특히 25% 미만 또는 10% 미만인 것으로 이해된다. 고체(1)의 열팽창은 바람직하게는 10 ppm/K 미만, 특히 8 ppm/K 미만 또는 5 ppm/K 미만이며, 예컨대 4 ppm/K 미만 또는 실질적으로 4 ppm/K 또는 정확하게 4 ppm/K이다.

[0077] 바람직하게는, 고체(1)는, 바람직하게는 길이방향으로 놓여 있는 바닥면(underside)(7)(표면(5)과 반대면에 위치)이 길이 방향으로 냉각장치(3)에 고정되며, 특히 접촉된다. 그러므로 레이저 빔은, 분리될 고체층(12)의 일 부분인 표면(5)을 통해 고체(1) 내에 도입되어, 냉각장치(3)의 방향으로 변형체(9)를 생성한다.

[0078] 도 9c는 레이저 조사에 의한 변형체(9)의 생성을 개략 도시한다. 여기서 냉각장치(3)는, 레이저 조사에 의해 고체(1) 내에 도입된 에너지 또는 열이 적어도 부분적으로 그리고 바람직하게는 대부분이 고체(1)로부터 제거되는 효과를 가진다.

[0079] 도 9d는 변형체(9)의 생성 후의 고체(1)의 개략적인 단면도를 도시한다. 예시에 따르면, 변형체(9)의 4개의 블록을 볼 수 있으며, 이는 4개의 절개부 부분(25, 27, 28, 29)이 된다. 변형체(9)이 있는 블록들과 인접하여, 참조 번호 "41, 42, 43, 44, 45" 각각은 변형체(9)이 없는 영역들을 나타내거나, 또는 변형체(9)의 블록들이 생성되는 영역들보다 더 적은 변형체(9)이 생성되는 영역들을 나타낸다.

[0080] 도 9e는 레이저 빔이 표면(5)을 통과하여 고체(1) 내에 침투한 경우, 특히 폴리머 재료를 포함하는 수용층(140)이 상기 표면(5) 위에 배열되거나 생성되는 본 발명에 따른 상태를 도시한다. 수용층(140)은 바람직하게는 필름으로서 생성되었으며 그것의 생성 후에 표면(5)에 접촉되었다. 그러나 표면(5)에 액상 폴리머의 도포와 뒤이은 응고에 의해 수용층(140)을 형성하는 것 또한 가능하다.

[0081] 도 9f는 수용층(140)의 온도 제어를 개략적으로 도시한다. 바람직하게는 수용층(140)은 20°C 미만, 또는 10°C 미만, 또는 0°C 미만, 또는 -10°C 미만, 또는 -50°C 미만, 또는 -100°C 미만의 온도까지 온도-제어(특히 냉각)된다. 이 경우에, 수용층(140)의 재료는 냉각의 결과로서 유리 전이를 겪는다. 바람직하게는 수용층(140)은 액상 질소에 의해 온도-제어된다. 온도 제어의 결과로서, 특히 유리 전이의 결과로서, 수용층(140)은 수축되며, 그 결과 기계적 응력이 고체(1) 내에 생성된다. 기계적 응력의 결과로서, 고체(1)로부터 고체 부분(12)을 분리시키는 절개부 부분(25, 27, 28, 29)을 연결하는 절개부가 야기된다.

[0082] 도 10a는 도 9f에 도시된 수용층(140)의 온도 제어 이후를 도시한다. 고체 부분(12)은 위에 여전히 배열되어 있는 수용층(140)과 함께 고체(1)로부터 분리된다.

[0083] 도 10b는 적어도 이미-분리된 고체층(12)에 의해 길이가 감소되는 잔류 고체(1) 내에 변형체(9)를 도입하는 새로운 단계를 도시한다.

[0084] 도 10c는 또 다른 바람직한 구성을 개략적으로 도시한다. 냉각장치(3)는 한 측면이 고체(1)에 결합되고 다른 측면은 회전장치(30), 특히 X/Y 이동장치 또는 회전 테이블에 결합된다. 회전장치(30)는 고체(1)의 이동을 야기하

며, 이에 의해 고체는 주변에 대하여 그리고 레이저 광학 시스템, 특히 스캐너에 대하여 정의된 방식으로 이동될 수 있다.

- [0085] 도 10d는 도 10c의 다른 상세한 개략도이다. 회전장치(30) 내부의 등근 화살표는 이것이 회전 가능하다는 것을 나타낸다. 또한, 결합층 특히 접착층이 고체(1)와 냉각장치(3) 사이에서 제공된다. 여기서 결합층(300)은 바람직하게는 복수의 처리 사이클 특히, 높은 기계적 및 열적 하중으로, 300 초과 또는 500 초과의 처리 사이클을 견디는 방법으로 실행된다. 또한, 레이저 빔 소스(401)는 바람직하게는 제1 레이저 빔 전도체(402)를 따라 레이저 빔을 광학 시스템(40)로 안내하고, 이것으로부터 레이저 빔은 또 다른 레이저 빔 전도체(403)에 의해 스캐너에 도달한다는 점을 이 도면으로부터 알 수 있다. 대안으로, 적어도 레이저 빔 소스(401)와 스캐너(400)가 제공되는 것이 또한 가능하다.
- [0086] 도 11은 냉각장치(3)를 도시한다. 냉각장치(3)는 바람직하게는 공구 캐리어, 특히 척에 의해 형성되는 안내-지원 구조체를 갖는다. 안내-지원 구조체는 바람직하게는 등근 기본 형상을 갖는다. 이것은, 불균형이 스피닝(spinning) 공정에 대하여 쉽게 회피될 수 있기 때문에 유리하다. 또한, 등근 기본 형상에는 바람직하게는 평평한 부분(95-98)이 제공된다. 이러한 평평한 부분들은 이것들이 정밀하지 않는 배열 및/또는 코퍼팅(coffering)을 허용하거나 용이하게 하기 때문에 이점이 있다.
- [0087] 바람직하게는 냉각장치(3), 특히 냉각장치(3)의 안내-지원 구조체는 우수한 열 전도성을 갖는다. 또한, 냉각장치(3)는 바람직하게는 마모 입자들을 감소시키거나 차단하는 양극처리된(anodized) 알루미늄을 포함한다. 이것은, 클린룸(clean room) 호환성이 그에 의해 증가되기 때문에, 이점이 있다. 또한 척은 바람직하게는 분리 공정과 호환될 수 있다.
- [0088] 또한, 2개 이상의 정렬요소(65-68)가 제공된다. 바람직하게는 정렬요소(65-68)는 정렬하는 구멍 또는 슬롯 또는 핀으로서 구성된다. 정렬요소(65-68)는 바람직하게는 회전의 정방향(positive) 및/또는 역방향 전달(non-positive transmission)을 위한 캠(cam)을 형성한다. 바람직하게는 정렬요소(65-68)는 냉각장치(3)를 회전장치(30)에 결합하기 위해 사용된다.
- [0089] 또한, 정합 핀들(register pins)이 제공될 수 있고, 이것들은 예를 들어 다운홀더(downholder)로서 설계될 수 있으며, 이것에 의해 예컨대 상기 안내-지원 구조체에 적합한 힘 및/또는 형태가 생성될 수 있다.
- [0090] 또한, 바람직하게는 노치(notch), 홈 또는 마킹(76)이 냉각장치(3)에 제공된다. 상기 특징은, 고체 배향(orientation) 특히 잉곳 배향이 그것들에 의해 명백하기 때문에 이점이 있다. 고체 특히 잉곳의 배향에 대한 지식은 레이저 빔에 의해 생성된 변형체(9)를 결정학적인 배향에 대해 적응시키기 위해 사용될 수 있다.
- [0091] 참조 번호 "75"는 선택적인 데이터 캐리어 요소 및 데이터 전달 요소 및 데이터 습득 요소의 적어도 하나를 예로서 단순히 나타낸다. 바람직하게는 참조 번호 "75"로 나타낸 요소는 바코드 및 RFID 요소 및 SAW 센서 중 적어도 하나로서 설계된다. 이는 특히 제조실행시스템(MES: Management Execution System)에의 통합을 허용한다.
- [0092] 또한, 냉각 유체를 안내하기 위한 냉각 채널들이 바람직하게는 상기 안내-지원 구조체 내에 제공되거나 형성된다. 상기 냉각 채널(들)(78)은 고체(1), 냉각장치(3), 및/또는 기계 거치대, 특히 회전장치(30)의 온도 제어를 위해 사용될 수 있다. 냉각 유체, 특히 액체는 입구(77)를 통해 냉각채널(78) 내에 제공될 수 있으며 출구(79)를 통해 제거될 수 있다. 고체(1)와 냉각장치(3) 사이의 인터페이스 또는 결합층은, 특히 고체(1) 또는 냉각장치(3)의 열 전도성에 대응하여, 높은 열 전도성을 갖는 것이 바람직하다. 냉각장치(3)는 추가로 또는 대안으로 공기 인터페이스를 통해 냉각될 수 있다. 회전장치(30)의 빠른 속도 또는 이동 속도에서, 냉각장치(3) 주위에 형성되는 공기층은 매우 얇아서 열이 효율적으로 제거될 수 있다.
- [0093] 또한, 바람직하게는 능동 항온 제어장치가 MES 내에 통합된다. 추가로 또는 대안으로, 상이한 기관 크기 및 두께에 대해 공정 모니터링이 수행된다.
- [0094] 바람직하게는 상기 유체 채널들은 예를 들어 고정 장착의 경우 압박에 의해 및 회전의 경우에는 중심 환형 시일(seal)에 의해 밀봉된다.
- [0095] 참조 번호 "69"는 바람직하게는 온도 센서로서 설계되는 선택적인 센서 장치를 나타낸다. 바람직하게는 상기 센서 장치는 SAW 온도 센서이다.
- [0096] 도 12는 바람직하게는 변형체(9)를 생성하기 위해 사용되는 광학 시스템(40, 608)를 도시한다. 그러므로, 본 발명에 따른 방법은 바람직하게는 광학 시스템(40, 608)를 제공하는 단계를 추가로 포함하며, 광학 시스템(608)는 바람직하게는 레이저 빔 성분(616, 618)을 편향시키는 2개 이상의 편향 요소(deflecting element)(610, 612)를

포함한다. 레이저 빔(616, 618)은 바람직하게는 레이저 빔 소스(401)에 의해 생성되어 방출된다. 또한, 본 발명에 따른 방법은 바람직하게는 편향 요소들(610, 612, 613)에 의해 상기 방출된 레이저 빔(606)의 2개 이상의 상이한 레이저 빔 성분들(616, 618)을 편향시키는 단계를 포함한다. 상기 레이저 빔 성분들(616, 618)은 고체(1) 내로 침투하도록 편향되고, 상기 상이하게 편향된 레이저 빔 성분들(616, 618)은 고체(1) 내의 초점(620)에서 만나며, 물리적 변형체(9)(특히, 격자 결합 형태를 갖는)이, 초점(620)에서 만나는 레이저 빔 성분(616, 618)에 의해 또는 레이저 빔 소스 또는 레이저 조사 소스 장치(laser radiation source arrangement)(401)에 의해 2개 이상의 레이저 빔(606)을 생성하여 방출하는 단계에 의해, 생성된다. 본 발명에 따른 방법은 바람직하게는 편향 요소(610, 612, 613)에 의해 레이저 빔(606)을 편향시키는 단계를 추가로 포함하며, 레이저 빔(606)은 고체(1) 내로 침투하도록 편향되고, 상기 상이하게 편향되는 레이저 빔들(606)은 고체 내의 초점(620)에서 만나며, 물리적 변형체(9)(특히, 격자 결합의 형태를 갖는)이 초점(620)에서 만나는 레이저 빔(606)에 의해 생성된다.

[0097] 또한, 적어도 하나의 방출된 레이저 빔(606)의 2개 이상의 상이한 레이저 빔 성분(616, 618), 특히 여러 개의 방출된 레이저 빔의 레이저 빔 성분들 또는 여러 개의 방출된 레이저 빔(606)은 편향 요소들(610, 612, 613)에 의해 편향되는 것이 가능하며, 상기 레이저 빔 성분들(616, 618) 또는 레이저 빔들(606)은 고체(1) 내로 침투하도록 편향되고, 상기 상이하게 편향된 레이저 빔 성분들(616, 618) 또는 상기 상이하게 편향된 레이저 빔들(606)은 고체(1) 내부의 초점(620)에서 만나며, 물리적 변형체(9)(특히, 격자 결합의 형태를 갖는)이, 초점(620)에서 만나는 레이저 빔 성분들(616, 618) 또는 레이저 빔들(606)에 의해 생성된다.

[0098] 또한, 본 발명에 따른 방법에 따르면, 여러 개의 레이저 빔들(606)이 동시에 생성될 때, 2개 이상의 레이저 빔(606) 및 바람직하게는 모든 레이저 빔들(606)은 상이한 레이저 빔 성분들(616, 618)로 분할되며, 이것들은 특히 상이한 경로를 진행하여 고체(1)의 이격된 표면 성분(622, 624)에서 고체(1) 내로 침투한다. 여기서 각각의 레이저 빔의 레이저 빔 성분들(616, 618)은 상이한 편향 요소들(610, 612, 613)에 의해 편향된다.

[0099] 광학 시스템(608)은 바람직하게는 적어도 하나의 레이저 빔 분할수단(beam splitting means)(633), 특히 하프-미러(half-mirror) 또는 빔 분리기를 포함하며, 적어도 하나의 레이저 빔(606)은 적어도 레이저 빔 분할수단(633)에 의해 2개 이상의 레이저 빔 성분들(616, 618)로 분할된다. 바람직하게는 레이저 빔(606)은 레이저 빔 분할수단들(633) 특히 하프-미러에 의해 2개 이상의 레이저 빔 성분들(616, 618)로 분할된다. 그 다음, 1개의 레이저 빔 성분(616)은, 2개 이상의 편향 요소들(610, 612, 613) 특히 거울에 의해 편향되고, 고체(1) 내부에서 또 다른 레이저 빔 성분(618)과 만나서, 물리적 변형체(9)를 생성하기 위한 초점(620)을 형성한다. 특히 바람직하게는, 복수의 물리적 변형체(9)가 생성되며, 이 물리적 변형체(9)는 바람직하게는 평면 및 윤곽 및 실루엣 및 물체의 외형 중 적어도 하나를 형성하거나 묘사한다.

[0100] 레이저 빔 소스(401)에 의해 방출된 적어도 하나의 레이저 빔(606)은 바람직하게는 간섭광(coherent light)으로 이루어지며, 초점(620)에서 만나는 레이저 빔 성분들(616, 618)의 광파들은 바람직하게는 동일한 위상 및 동일한 주파수를 갖는다.

[0101] 특히 바람직하게는, 적어도 하나의 레이저 빔 성분들(616, 618) 또는 적어도 하나의 레이저 빔(606)은 포물면 거울로 구성된 편향 요소(610, 612, 613)에 의해 편향되어 집속된다.

[0102] 또한, 편향 및 집속 전의 적어도 하나의 레이저 빔 성분들(616, 618) 또는 적어도 하나의 레이저 빔(606)은 바람직하게는 편향 요소(610, 612, 613) 특히 포물면 거울, 빔 성형 장치, 특히 초점의 형상을 변경하는 1차원(1D) 망원경을 통과한다.

[0103] 바람직하게는 적어도 2개 또는 정확히 2개의 레이저 빔이 레이저 빔 소스(401)에 의해 생성되며, 레이저 빔들(606)은, 변형체(9)이 2광자 과정(two-photon process)에 의해 생성되도록, 고체(1) 재료의 밴드 갭에 따라 상이한 색으로 생성된다.

[0104] 바람직하게는 제1 레이저 필드가 제1 레이저 빔(606)에 의해 형성되고, 제1 레이저 빔(606)은 제1 에너지를 갖는 광자들을 포함하며, 또한 바람직하게는 제2 레이저 필드가 제2 레이저 빔(606)에 의해 형성되고, 제2 레이저 빔(606)은 제2 에너지를 갖는 광자들을 포함하며, 제1 레이저 필드는 제2 레이저 필드보다 약하고 제1 에너지는 제2 에너지보다 크다.

[0105] 도 13은 2개의 레이저 빔 또는 2개의 레이저 빔 성분들에 의한 변형체의 생성을 개략 도시한다. 여기서 바람직하게는, 변형체(9)는 50 μm 미만이고 바람직하게는 30 μm 미만이며 특히 바람직하게는 20 μm 미만인 수직 연장을 갖는다.

[0106] 초점(620)은 고체(1)의 침투 표면(626)으로부터 1000 μm 미만, 바람직하게는 500 μm 미만, 특히 바람직하게는

200 μm 미만 이격되며, 적어도 개별 레이저 빔 성분들(616, 618)은 침투 표면(626)을 통해 고체(1) 내로 침투하여 물리적 변형체(9)를 생성한다.

- [0107] 초점(620)은 바람직하게는 2개 이상의 교차하는 레이저 빔 허리(630, 632)의 중첩 부분에서 생성되며, 상기 레이저 빔 허리(630, 632)는 레이저 빔 성분들(616, 618) 또는 레이저 빔들(606)에 의해 생성된다.
- [0108] 도 14a 내지 도 14c는, 대부분 또는 실질적으로 또는 전부가 예컨대 반도체 재료 특히 SiC로 이루어지고 레이저에 의해 조절되거나 변형체된 고체(1)의 상이한 현미경 사진을 보여준다.
- [0109] 도 14a는 0.4 μm 의 펄스 간격, 2 μm 의 선형으로 생성된 결정 격자 변형체(20, 22)의 라인 간격 및 128kHz의 펄스 반복 주파수에서 생성된 6H-SiC 라인 결함 필드(1E)를 도시한다. 그러나 상기 파라미터들 중 하나, 상기 파라미터들 중 여러 개, 특히 상기 파라미터들 중 2개 또는 모두(펄스 간격, 라인 간격, 펄스 반복 주파수)는 다양한 또는 변경된 방법으로 지정되는 것도 역시 가능하다. 그러므로, 예컨대 0.01 μm 와 10 μm 사이의 펄스 간격의 생성, 0.01 μm 와 20 μm 사이의 라인 간격의 제공, 및 16kHz와 1024kHz 사이의 펄스 반복 주파수의 제공 중 적어도 하나가 이루어질 수 있다.
- [0110] 도 14b는 도 14a의 프레임에 의해 지시된 영역의 확대 상세도를 도시한다. 블록 간격(24, 26)은 바람직하게는 균일하며 예컨대 66 μm 라는 것을 알 수 있다. 도 14c는 대략 66 μm 인 블록 간격을 도시한다. 그러나 블록 간격이 다른 범위, 예컨대 4 μm 와 1000 μm 사이의 범위에 있는 것도 가능하다.
- [0111] 도 14a는 고체의 연마된 표면을 관통한 고체의 평면도를 도시한다. 그러므로 도시된 구조는 고체 내부에 형성되며 변형체, 특히 레이저에 의해 생성되었다.
- [0112] 절개부 형성은 도시된 구성에서 시작되지 않는 것이 바람직하다.
- [0113] 도 15a 및 도 15b는 본 발명의 관점에서 변형체된 고체의 현미경 사진을 보여준다. 도 15a에서, 참조 번호 "14"는 바람직하게는 공정 시작의 위치, 즉 고체(1)의 결정 격자의 변형체가 시작되는 바람직한 위치를 나타낸다. 참조 번호 "9"는 고체(1) 내의 변형체된 영역을 나타낸다. 변형체된 영역(9)의 중심에서 벗어나서 또는 변형체된 영역(9)의 중심(15)에서 떨어져서, 절개부(13)이 고체 내에 전파하는 것을 도면으로부터 알 수 있다. 여기서, 절개부(13)의 전파의 위치 및 방향은 변형체를 생성하기 위해 정의된 파라미터에 의해 정의된 방식으로 미리 정의되는 것이 가능하다. 도시된 예시에서 절개부(13)은 바람직하게는 주 표면(18)에 대해 평행하게 또는 실질적으로 평행하게 진행한다. 그러므로 절개부(13)은, 구체적으로 변형체(9)의 전체에 걸쳐서, 또는 변형체(9)의 에지에서, 또는 변형체(9)으로부터 거리를 두고, 변수 설정(들)에 의해 생성되거나 야기되거나 및 안내될 수 있다.
- [0114] 고체(1) 특히 웨이퍼의 바닥면은 참조 번호 "7"에 의해 지시된다. 또한, 참조 번호 "17"는 바람직하게는 50 μm 를 측정하는 기준 길이를 나타낸다. 도시된 단면 영역은 고체(1)의 주 표면(18)에 대해 직각으로, 즉 측면(19)의 높이에 걸쳐 연장하며, 변형체(9)는 바람직하게는 주 표면(18)을 통해 고체(1) 내로 도입되거나 또는 변형체(9)의 생성이 바람직하게는 주 표면(18)을 통해 야기된다. 주 표면(18)은 측면(19)보다 몇 배, 특히 적어도 2배 또는 적어도 3배 또는 적어도 4배 또는 적어도 10배 또는 적어도 20배 또는 적어도 50배인 것이 특히 바람직하다.
- [0115] 도 15a는 바람직하게는 0.2 μm 의 펄스 간격, 3 μm 의 선형으로 생성된 결정 격자 변형체(20, 22)의 라인 간격, 및 128kHz의 펄스 반복 주파수에서 생성된 6H-SiC 라인 결함 필드(1E)를 도시한다. 그러나 여기서 상기 파라미터들 중 하나, 상기 파라미터들 중 몇 개, 특히 상기 파라미터들 중 2개 또는 모두(펄스 간격, 라인 간격, 펄스 반복 주파수)는 다양한 또는 변경된 방식으로 지정되는 것도 또한 가능하다. 그러므로, 예컨대 0.01 μm 와 10 μm 사이의 펄스 간격의 제공 및 0.01 μm 와 20 μm 사이의 라인 간격의 제공 및 16kHz와 1024kHz 사이의 펄스 반복 주파수의 제공 중 적어도 하나가 이루어질 수 있다.
- [0116] 도 15b는 변형체(9)의 연마된 주 표면(18)을 통과하는, 고체(1)의 일부분의 평면도이다. 이 도면에 따르면 개별 변형체들(9)는 변형체들 중 복수의이 라인(20, 22)을 형성하도록 생성되어 있다. 그러나 변형체는 적어도 부분적으로 한 방향 이상에서, 특히 두 방향에서, 적어도 두 방향 또는 세 방향에서 균질하게 생성되는 것도 역시 가능하다. 그러므로, 변형체(9)는 주 표면(18)에 평행한 평면에서 바람직하게는 균일하게 또는 균질하게 분포되도록 생성되는 것이 특히 바람직하다. 그러나 한 방향에서(길이 또는 너비 또는 높이), 하나 또는 두 개의 다른 방향에서보다 더 많은 변형체(9)이 생성되는 것도 역시 가능하다. 또한, 변형체(9)는 패틴을 형성하는 방식으로 생성되는 것이 가능하다. 또한, 본 발명의 의미에서 변형체(9)는 고체(1)의 상이한 영역 내에서 생성될 수 있으

며, 이 영역들은 바람직하게는 상이한 개수 및/또는 상이한 파라미터에서 동일한 치수를 갖는다.

- [0117] 참조 번호 "17"은 바람직하게는 도 15b에서 100 μm 를 측정하는 기준 길이를 나타낸다.
- [0118] 도 16a는 바람직하게는 0.2 μm 의 펄스 간격, 1 μm 의 선형으로 생성된 결정 격자 변형체(20, 22)의 라인 간격, 및 128kHz의 펄스 반복 주파수로 생성된 6H-SiC 라인 결합 필드(1E)를 도시한다. 그러나 상기 파라미터들 중 하나, 상기 파라미터들 중 몇 개, 특히 상기 파라미터들 중 2개 또는 모두(펄스 간격, 라인 간격, 펄스 반복 주파수)는 다양한 또는 변경된 방식으로 지정되는 것도 또한 가능하다. 그러므로 예컨대 0.01 μm 와 10 μm 사이의 펄스 간격의 제공 및 0.01 μm 와 20 μm 사이의 라인 간격의 제공 및 16kHz와 1024kHz 사이의 펄스 반복 주파수의 제공 중 적어도 하나가 이루어질 수 있다.
- [0119] 절개부(13)은 생성된 변형체(9)로부터 떨어져서 고체(1) 내로 전파한다는 점을 도 16a로부터 추론할 수 있다. 절개부(13)은 그러므로 변형체(9)의 중심으로부터 떨어져서 전파하거나, 절개부는 주요 변형체 부분으로부터 이격된 고체(1)의 영역 내로 전파한다. 상기 주요 변형체 부분은 예컨대 레이저-생성된 변형체(9)의 경우에 바람직하게는 레이저가 초점을 갖는 고체(1)의 일부분이다.
- [0120] 참조 번호 "17"은 바람직하게는 100 μm 인 기준 길이를 나타낸다.
- [0121] 도 17a 내지 도 17f는 변형체-절개부 형성 관계의 다양한 보기를 도시한다. 도 17a는 레이저 허리의 형상에 따라 형성된 변형체(9)를 예로서 도시한다. 그러나 변형체(9)의 형상은 단지 개략적으로만 도시되어 있다. 또한, 도시된 형상과 다른 형상들도 가능하다. 따라서, 변형체(9)는 바람직하게는 구형 특히 원과, 다각형 특히 4각형(직사각형 또는 정사각형) 사이의 설계 공간에 있는 형상을 갖는 것이 가능하다. 도 17a는, 분리영역(2)이 변형체(9)의 중심을 통하여 연장하지 않는다는 점을 추가로 도시한다. 바람직하게는 분리영역(2)은 변형체(9)의 최대 길이의 1/20 또는 1/10 또는 1/5 또는 1/4 또는 1/3 또는 1/2만큼 변형체의 중심으로부터 이격된다.
- [0122] 도 17b는, 분리영역(2)이 변형체(9)의 외측 에지 옆을 지나가거나 또는 변형체(9)의 외측 에지의 영역 내에서 변형체(9)의 옆을 지나가며 따라서 특히 바람직하게는 변형체를 통과하지 않고 단지 외측으로 변형체를 지나가는 변형예를 도시한다.
- [0123] 도 17c는, 분리영역(2)이 바람직하게는 적어도 0.01 μm 또는 적어도 0.1 μm 또는 적어도 1 μm 또는 적어도 5 μm 또는 적어도 10 μm 만큼 변형체(9)로부터 이격되는 다른 변형예를 도시한다.
- [0124] 도 17d 내지 도 17f는 도 17a 내지 도 17c와 유사하게 구성된다. 그러나 도 17d 및 도 17e는 변형체(9)에 의해 달성된 효과, 즉 고체(1)의 결정 격자를 관통한 국소 절단이 여러 개의 변형체(9), 특히 적어도 2개, 5개, 10개, 20개, 50개 또는 적어도 100개의 변형체의 협동에 의해서만 달성되는 변형예를 도시한다.
- [0125] 도 18a 내지 도 18d는 변형체(9)의 상이한 배열과 변형체(9)로부터 야기된 분리영역(2)을 도시한다. 그러므로 변형체를 생성하기 위해 필요한 파라미터들은, 분리영역(2)이 변형체(9)를 통과하도록(도 18a 및 도 18b) 또는 분리영역(2)이 변형체(9)로부터 이격되도록(도 18c 및 도 18d), 필요에 따라 조정될 수 있다.
- [0126] 도 19a 내지 도 19d는 분리영역(2)이 변형체(9)의 생성의 결과로서 고체(1) 내에 형성되는 변형예를 추가로 도시한다. 도 19a 및 도 19b에 따르면, 변형체(9, 23)의 중심은 분리영역(2)의 한 쪽에 제공될 수 있다. 그러나 변형체들은 그 변형체들이 생성되는 장소로부터 동일하게 이격되어(특히 주 표면으로부터의 거리) 생성되는 것도 역시 가능하다. 추가로 또는 대안으로, 변형체(9, 23)의 위치에 대해, 초점 및 에너지의 양 및 인가 시간 등의 적어도 하나가 변하는 것도 가능하다. 도 19c 및 도 19d는 각각의 경우에서 분리영역(2)의 다른 쪽에 있는 변형체(9, 23)의 중심을 도시한다.
- [0127] 변형체(9, 23)의 중심이 분리영역(2)으로부터 동일한 거리 또는 상이한 거리에 형성되는 것도 역시 가능하다. 추가로 또는 대안으로 변형체(9, 23)의 위치에 대해, 초점 및 에너지의 양 및 인가 시간 등의 적어도 하나가 변하거나 상이하게 설정되는 것도 가능하다.
- [0128] 도 20은 변형체(9)이 상이한 농도(A-D) 및 분포의 적어도 하나로 생성되는 배열을 도시한다. 예컨대 각각의 절개부들을 연결하는 주된 절개부를 유발하기 위해, 국부적으로 상이한 변형체 농도 또는 분포가 제공되는 것이 가능하다. 바람직하게는 주된 절개부 유발 위치의 영역 내에 더 많은 변형체가 생성되거나 더 높은 변형체 밀도가 제공된다.
- [0129] 또한, 도 17a 내지 도 17f, 도 18a 내지 도 18d, 도 19a 내지 도 19d 및 도 20에서 도시된 각각의 변형들은 바람직하게는 서로 결합될 수 있다.

- [0130] 도 21은 6H-SiC 라인 결함 파라미터 필드(1C)의 평면도를 도시하며, 바람직하게는 $245 \pm 3 \mu\text{m}$ 의 두께를 갖는 1cm^2 의 레이저 손상이 있다. 상기 평면도는 고체(1)의 연마된 주 표면을 관통해서 만들어진 것으로서, 분리영역(2)을 따르는 고체층(11)의 분리 이전의 상태를 도시한다.
- [0131] 도 22a 및 도 22b는 바람직하게는 6H-SiC 라인 결함 파라미터 필드(1C)의 2개의 사진을 도시하며, 바람직하게는 $120 \pm 3 \mu\text{m}$ 의 두께를 갖는 1cm^2 의 레이저 손상이 있다. 도시된 2개의 표면 구조는 고체(1)를 2개의 부분으로 분리함으로써 형성되었다. 참조 번호 "60"은 수평 방향으로 또는 실질적인 수평 방향으로 연장하는 절개부를 나타낸다. 절개부 트랙(60)에 더해, 도 22a는 레이저 손상을 추가로 도시한다. 도 22b에 도시된 표면은 도 22a에 도시된 표면과 비교할 때 훨씬 더 균질하거나 손상 또는 절개부가 더 적다. 그러므로 변형체의 중심(Z)에서 떨어져 생성된 분리영역(2)은 상이하게 구조화된 표면들의 생성을 가능하게 한다. 참조 번호 "17"는 바람직하게는 $1000 \mu\text{m}$ 인 기준 길이를 나타낸다.
- [0132] 도 23은, 고체(1)의 결정 격자가 변형체(9) 생성의 도입에 의해 변화되어서, 절개부 유도 응력(fissure guiding stresses)(50)이 바람직하게는 변형체(들)(9)의 중심(Z)으로부터 떨어져서 생성되는 것을, 개략적으로 도시한다. 그러므로 절개부 유도 응력(50)은, 고체(1)를 분리하는 절개부가 특히 개별 변형체들(9)의 중심(Z)에 대해서 떨어져 상기 절개부 유도 응력(50)에 의해 유도되도록, 변형체(9)를 둘러싸는 적어도 하나의 고체 영역 내의 변형체들(9)에 의해 결정 격자 내에 각각 생성된다.
- [0133] 타원형으로 도시된 절개부 유도 응력(50)은 본 발명에 따른 분리영역(2)을 미리 형성하며, 상기 분리영역(2)을 따라 또는 통과하여, 기계적 응력의 결과로서 생성된 절개부가 유도된다. 바람직하게는, 기계적 응력은 고체(1) 상에 배열되거나 생성된 층의 온도 제어에 의해 고체(1) 내에 생성되거나 도입된다.
- [0134] 그러므로 본 발명은 고체 특히 웨이퍼로부터 적어도 하나의 고체 부분을 분리하는 방법에 관한 것이다. 상기 방법은 적어도 다음 단계들을 포함한다: 레이저 특히 피코 초(picosecond) 레이저 또는 펨토 초(femtosecond) 레이저에 의해 고체의 결정 격자를 변형체시키는 단계를 포함하며, 복수의 변형체가 상기 결정 격자 내에 생성되고, 상기 결정 격자는 적어도 각각의 한 부분에서 변형체들을 둘러싸는 영역들 내의 변형체의 결과로서 절개하고, 분리영역 또는 복수의 부분 분리영역들이 상기 변형체들의 영역 내의 절개부들에 의해 미리 형성된다. 추가로, 특히 조합하여 또는 대신에, 상기 방법은 처리될 고체(1)를 제공하는 단계를 포함할 수 있으며, 여기서 상기 고체(1)는 바람직하게는 화합물로 이루어진다. 또한, 추가로 또는 대안적으로, 레이저 광원이, 특히 변형체 장치로서 제공될 수 있다. 또한, 바람직하게는 추가로, 레이저 광원으로부터의 레이저 조사가 고체(1)에 인가되며, 여기서 상기 레이저 조사 온도는 분리영역(2)을 형성하기 위해 고체(1) 내부에 고체(1)의 소정의 부분을 정의된 방식으로 제어하고, 고체(1) 내의 소정의 부분 내에 생성된 온도는 매우 높아서 상기 소정의 부분을 형성하는 재료가 미리 결정된 재료 전환을 겪는다. 그러므로 고체로부터 고체층의 분리는 단순히 본 발명에 따라 생성된 변형체로부터 기인할 수 있다. 바람직하게는 변형체(9)는 소정의 부분을 형성하는 재료의 미리 결정된 재료 전환으로서 생성되며, 여기서, 특히 200°C 이상 또는 500°C 이상 또는 800°C 이상 또는 1000°C 이상 또는 1500°C 이상 또는 2000°C 이상의, 재료 전환이 초래되는 높은 온도가 레이저 조사에 의해 생성된다.
- [0135] 그러나 대안으로, 변형체가, 외부에서 시작된 추가의 충격 없이 고체로부터 고체층의 분리를 허용하지 않도록 생성되는 것도 가능하다.
- [0136] 따라서, 변형체가 생성된 후에, 바람직하게는, 고체 부분을 지지하기 위해 수용층이 고체 위에 배열될 수 있고, 그 다음에 고체 내에 응력을 특히 기계적으로 생성하기 위해 수용층에 대한 열 처리가 일어날 수 있다. 여기서, 응력의 결과로서, 절개부 특히 주된 절개부가 상기 분리영역을 따라 고체 내에 전파되고, 이것에 의해 상기 고체층이 고체로부터 분리되며, 바람직하게는 적어도 아마 이전에 생성된 부분적인 절개부들의 대부분이 상기 절개부에 의한 변형체들의 영역 내에서 함께 결합된다.
- [0137] 그러므로 고체로부터 고체 부분 특히 고체층을 분리하기 위해 고체 내에 분리영역을 생성하는 방법이 제공되며, 분리될 고체 부분은 상기 고체 부분에 의해 감소된 고체보다 더 얇다. 이 방법은 적어도 다음 단계들: 바람직하게는 화합물로 이루어진 처리될 고체를 제공하는 단계; 레이저 광원을 제공하는 단계; 및 레이저 광원으로부터의 레이저 조사로 상기 고체를 조사하는 단계;를 포함하며, 여기서 레이저 조사는 분리될 고체 부분의 표면을 통해 고체 내에 침투하고, 상기 레이저 조사는 분리영역 또는 복수의 부분적 분리영역을 형성하기 위해 정의된 방식으로 고체 내부의 고체의 소정의 부분에 작용하며, 레이저 작용의 결과로서 복수의 변형체가 고체의 결정 격자 내에 연속적으로 생성되고, 변형체의 결과로서 상기 결정 격자는 적어도 그것의 한 부분에서 변형체들을 둘러싸는 영역들 내에서 절개하며, 상기 변형체들의 영역 내의 절개부들의 결과로서, 상기 분리영역이 미리 형

성되거나 또는 복수의 부분적 분리영역들이 미리 형성된다.

[0138] 고체 특히 웨이퍼로부터 적어도 하나의 고체 부분을 분리하는 방법이 추가로 제공되며, 적어도 다음 단계들: 변형수단(modifying agent), 특히 레이저(피코 초 레이저 또는 펨토 초 레이저)에 의해 고체의 결정 격자를 변형체시키는 단계로서, 여러 개의 변형체가 결정 격자 내에 생성되고, 변형체의 결과로서 상기 결정 격자는 적어도 그것의 한 부분에서 변형체들을 둘러싸는 영역들 내에서 절개하며, 상기 변형체들의 영역 내의 절개부의 결과로서 분리영역이 미리 형성되는 단계; 및 고체 부분을 지지하기 위해 고체 위에 수용층에 배열하고, 고체 내에 특히 기계적으로 응력을 생성하기 위해 상기 수용층을 열 처리하는 단계로서, 상기 응력의 결과로서 주된 절개부가 상기 변형체들의 영역 내의 절개부들의 적어도 대부분을 서로 연결하는 분리영역을 따라 고체 내를 전파하는, 단계를 포함한다.

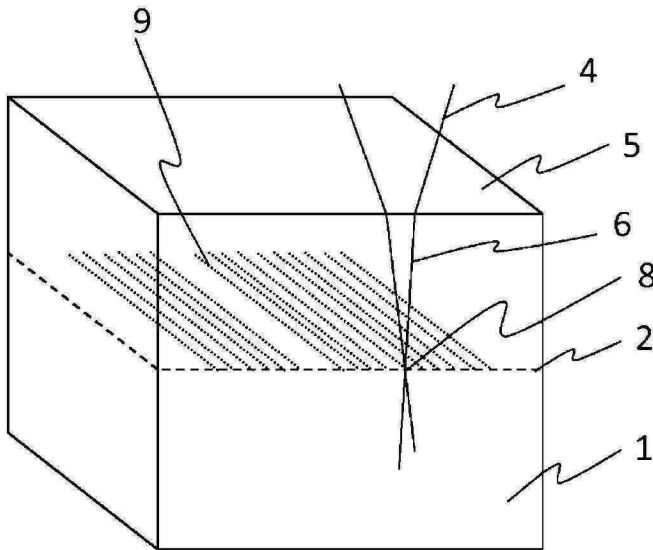
부호의 설명

[0139]

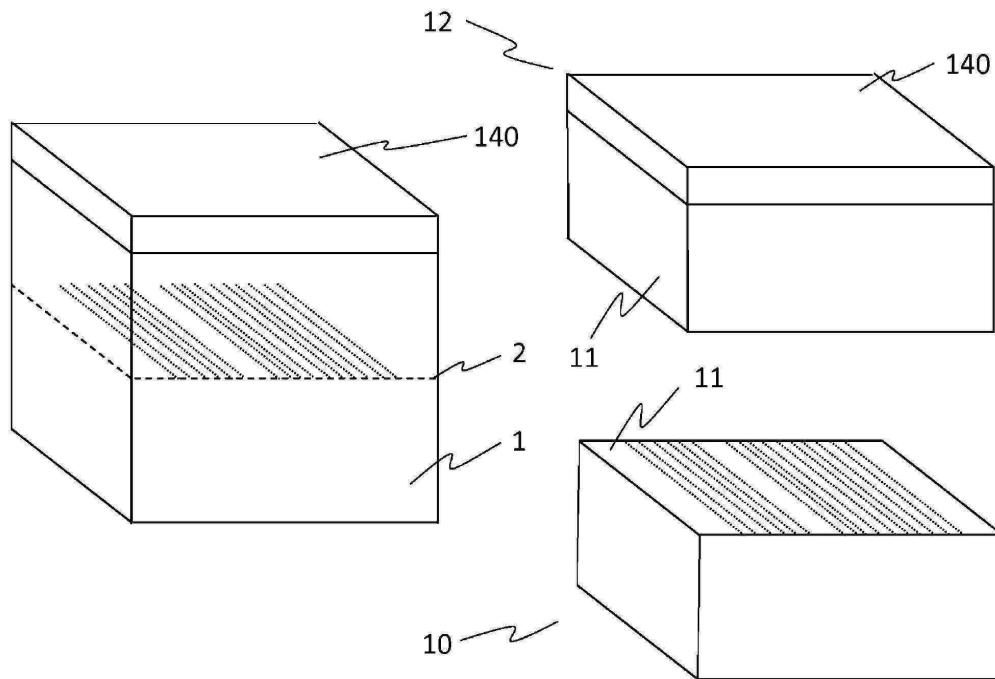
1: 고체	2: 분리영역
4: 레이저 빔	5: 연마된 표면
6: 굴절된 레이저 빔	8: 초점
9: 변형체	

도면

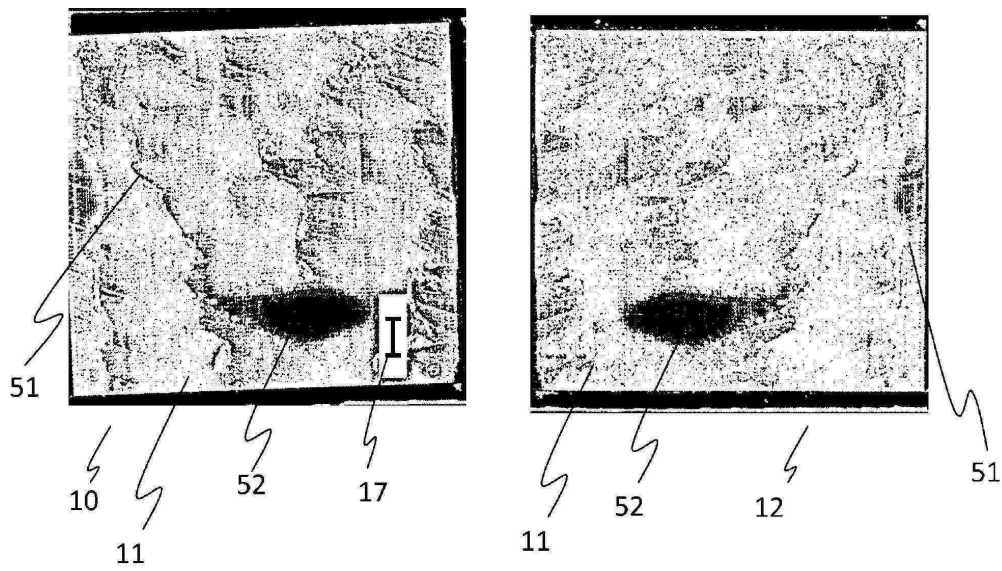
도면1



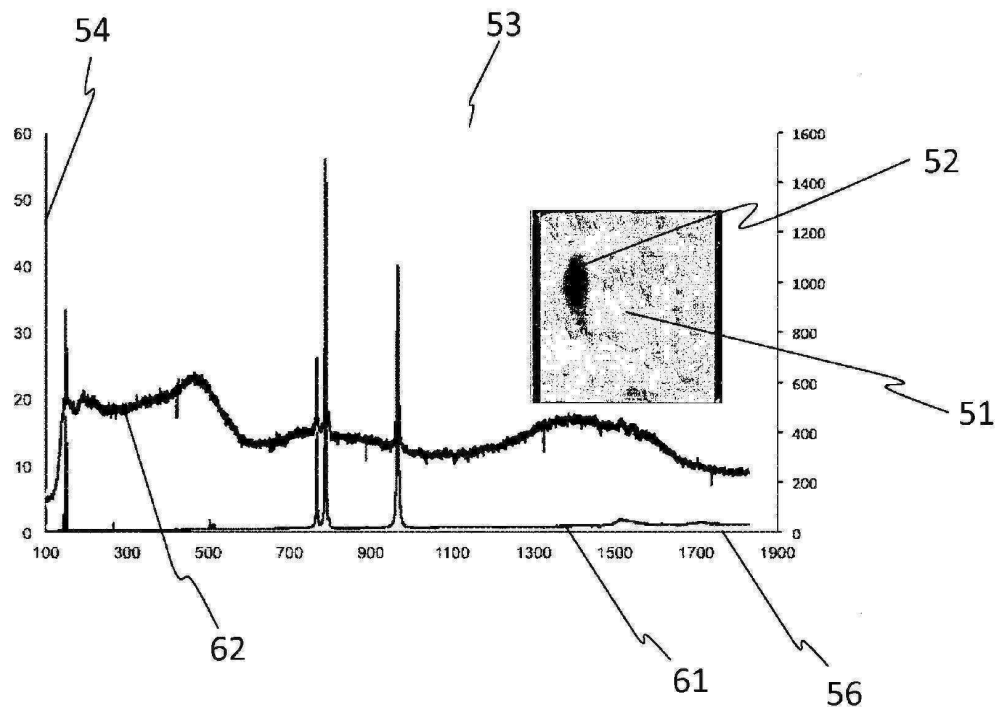
도면2



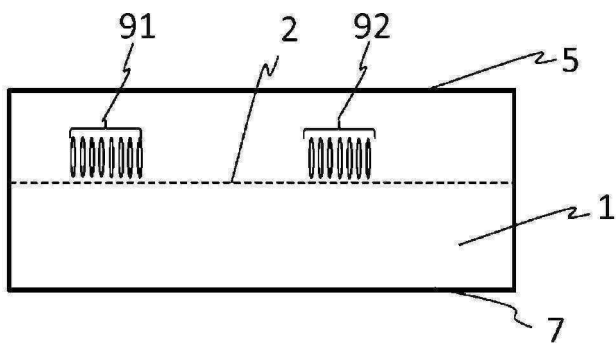
도면3



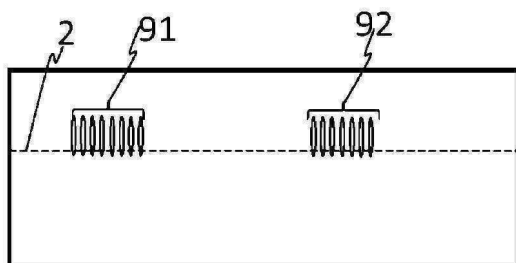
도면4



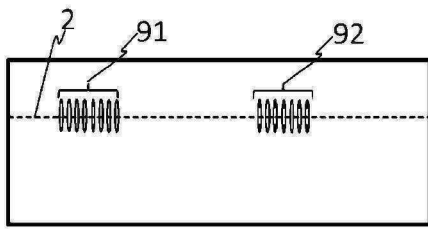
도면5a



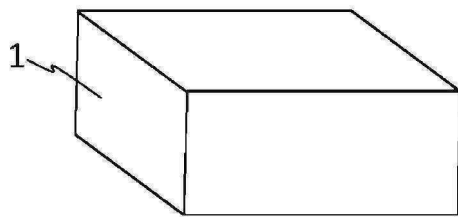
도면5b



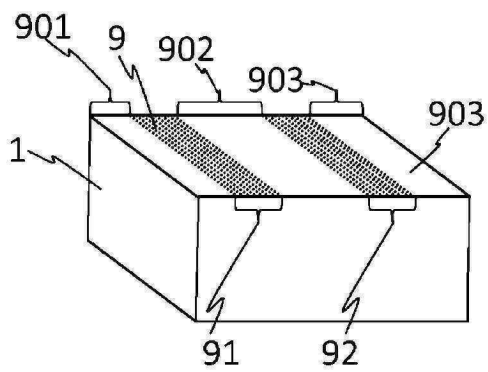
도면5c



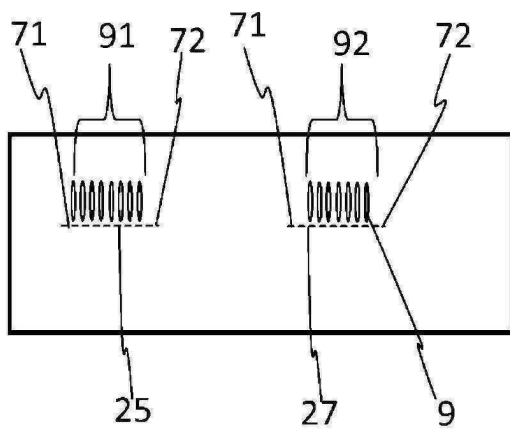
도면5d



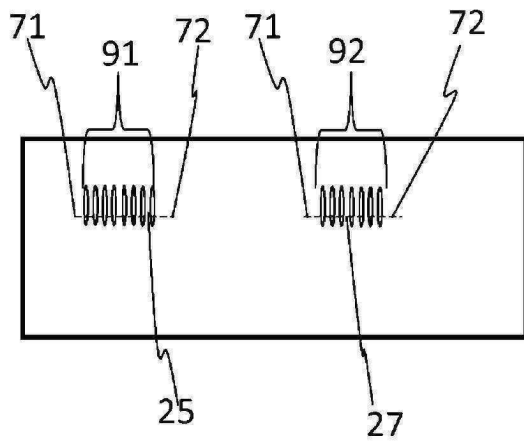
도면5e



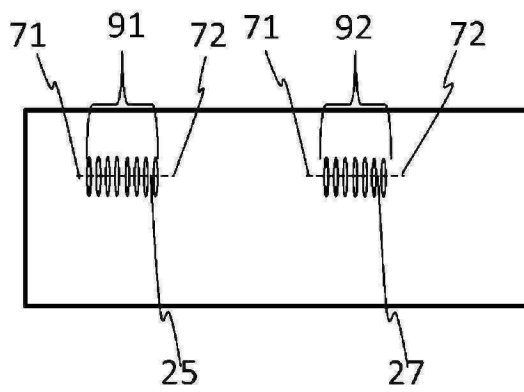
도면6a



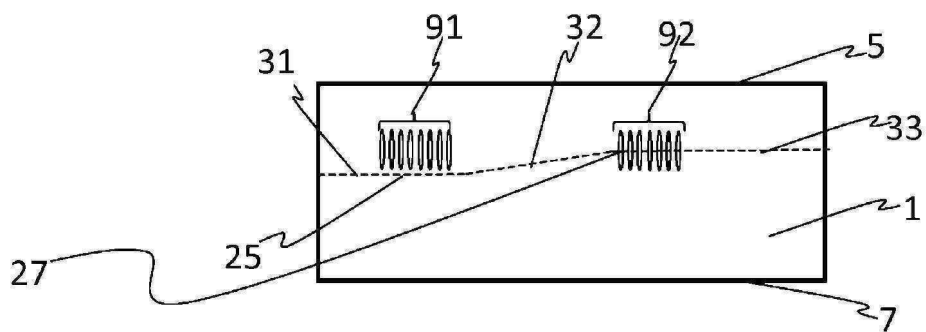
도면6b



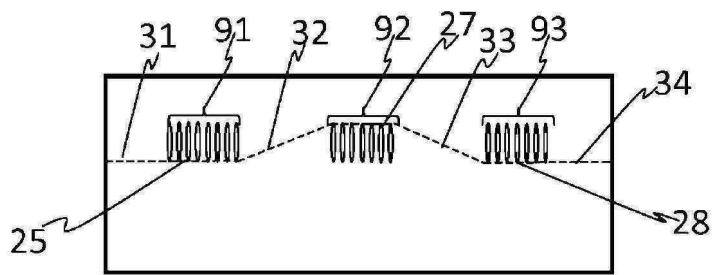
도면6c



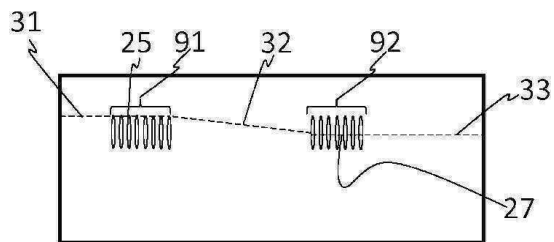
도면7a



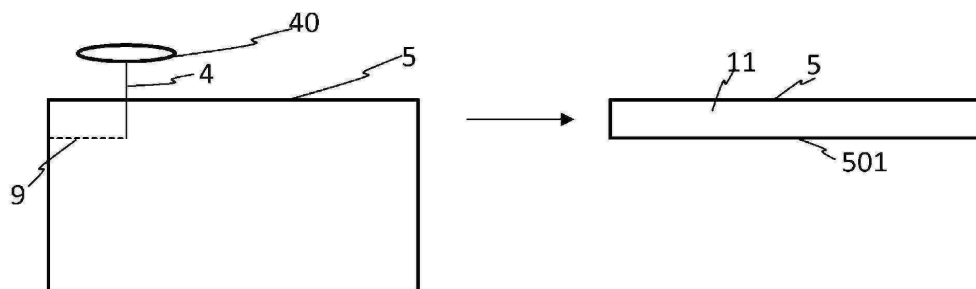
도면7b



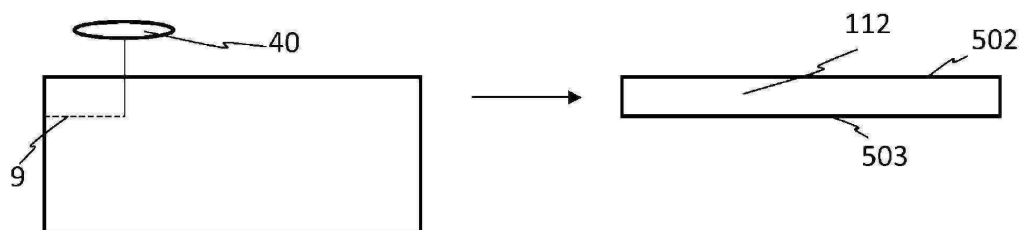
도면7c



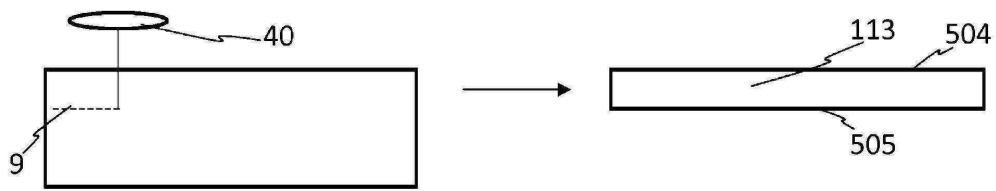
도면8a



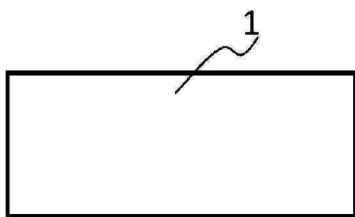
도면8b



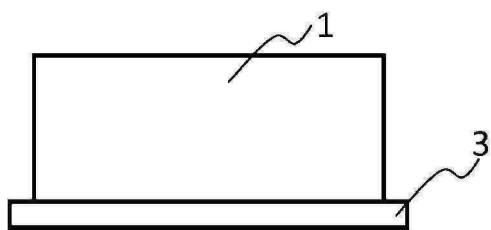
도면8c



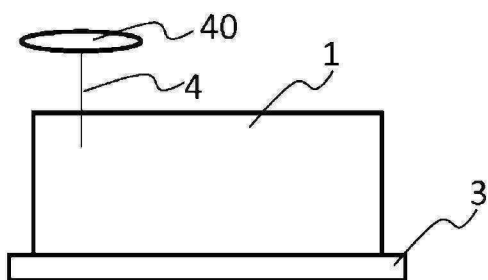
도면9a



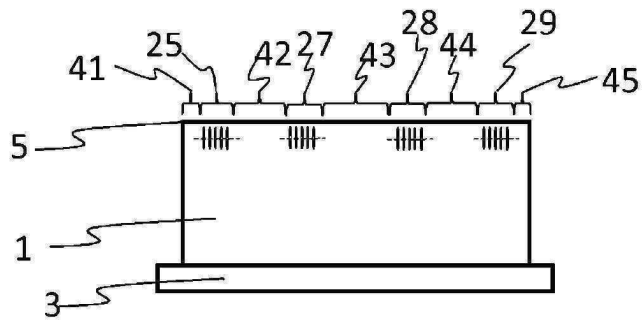
도면9b



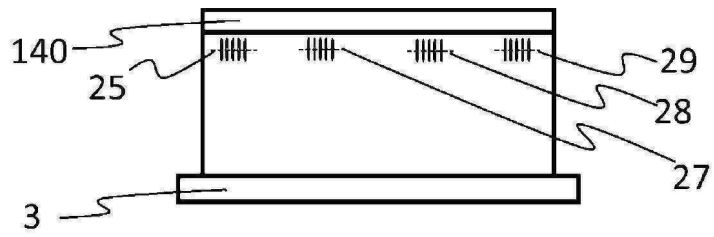
도면9c



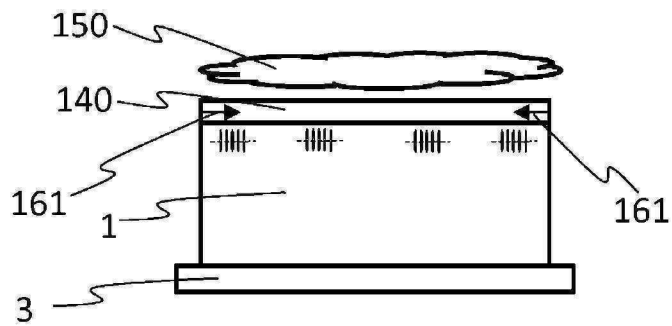
도면9d



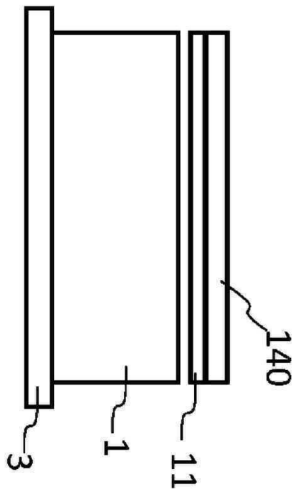
도면9e



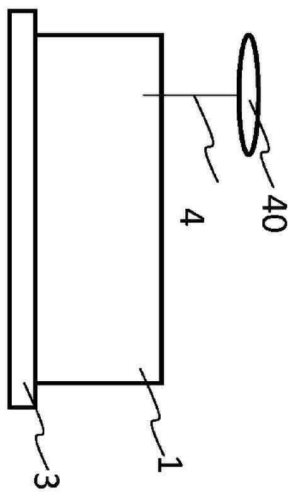
도면9f



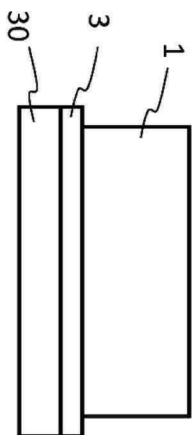
도면10a



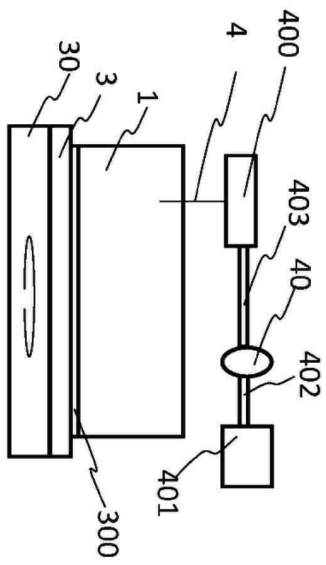
도면10b



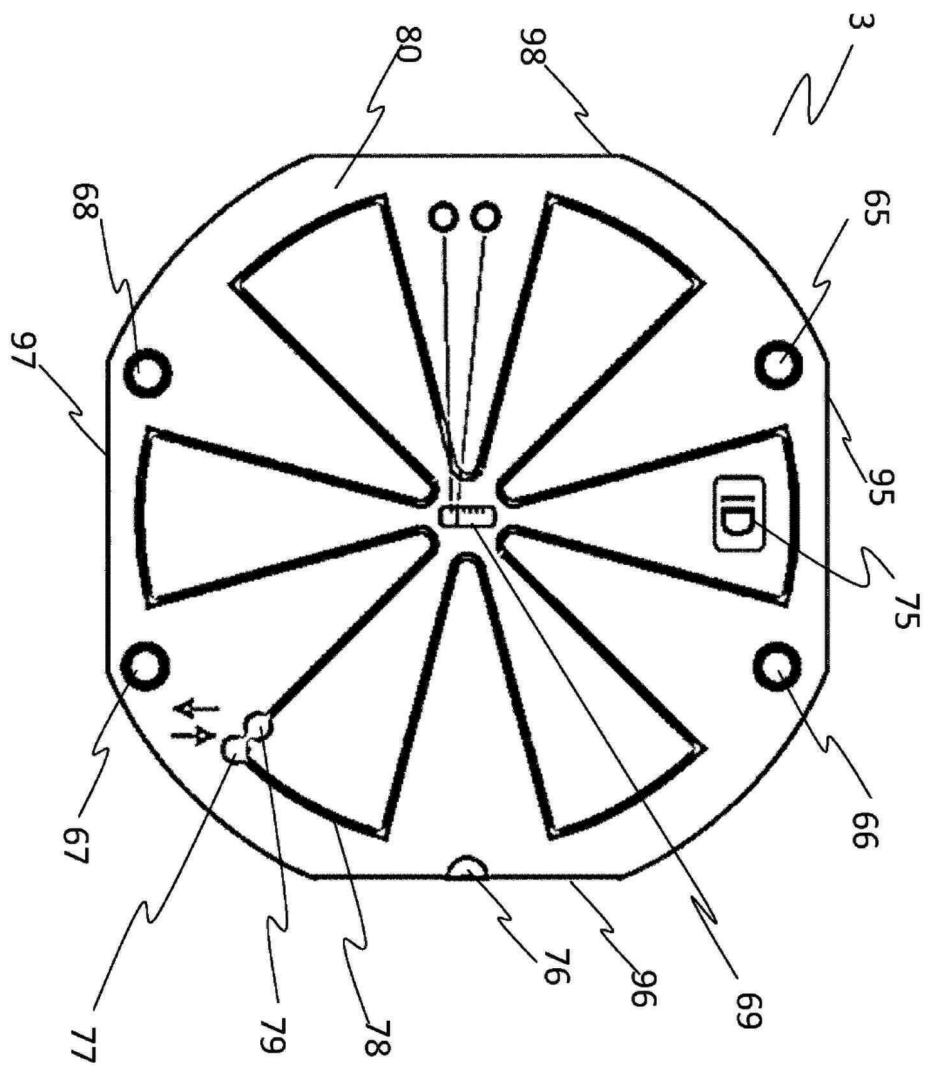
도면10c



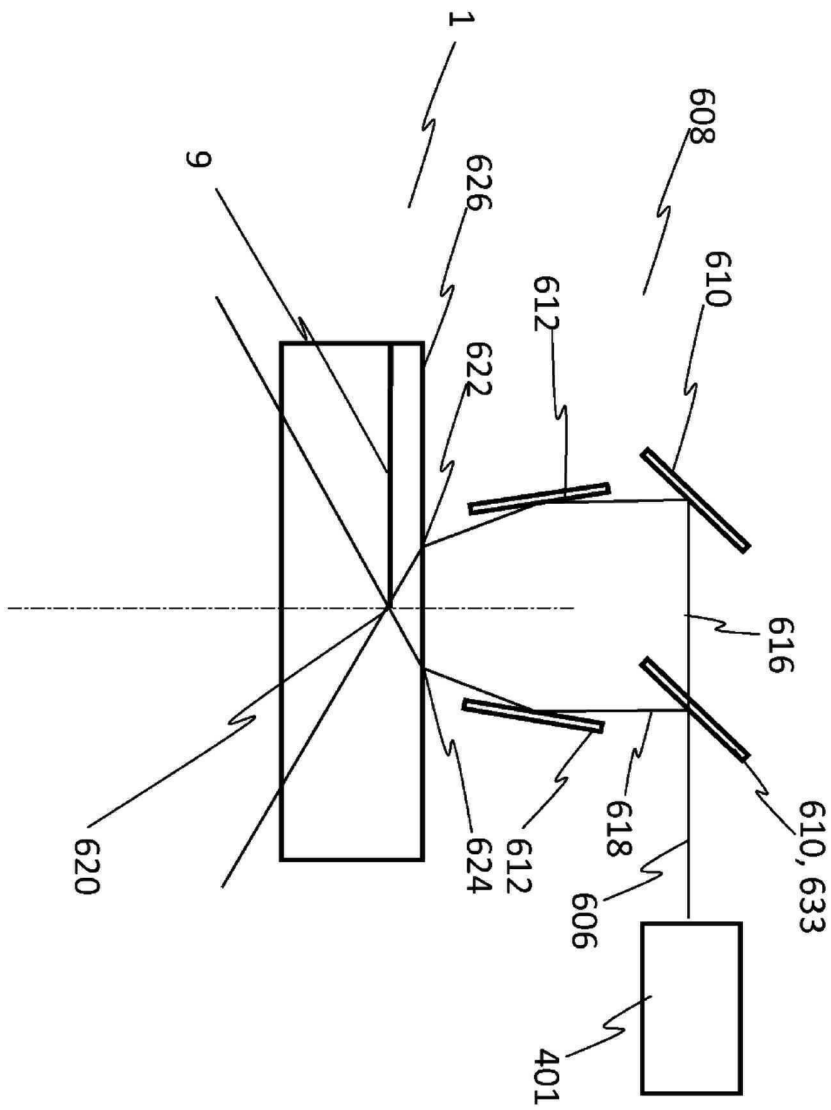
도면10d



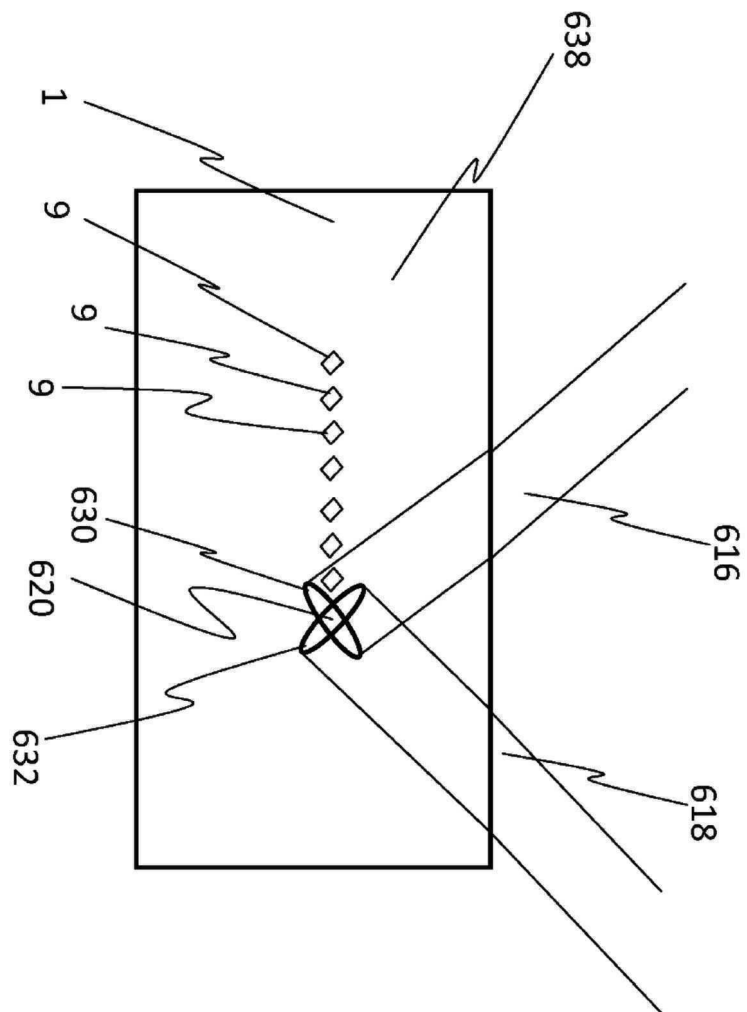
도면11



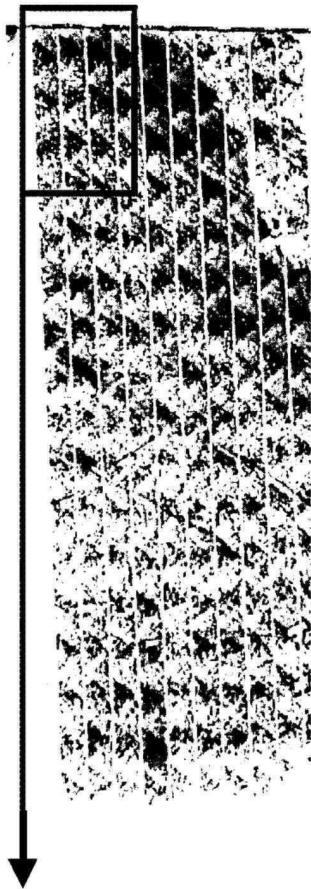
도면12



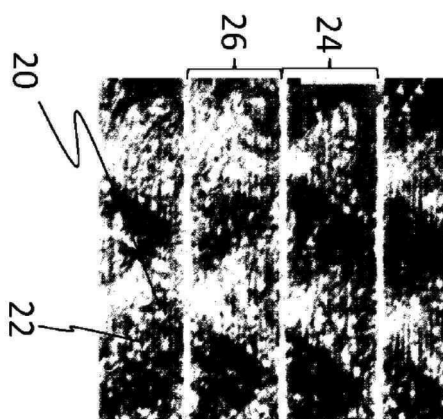
도면13



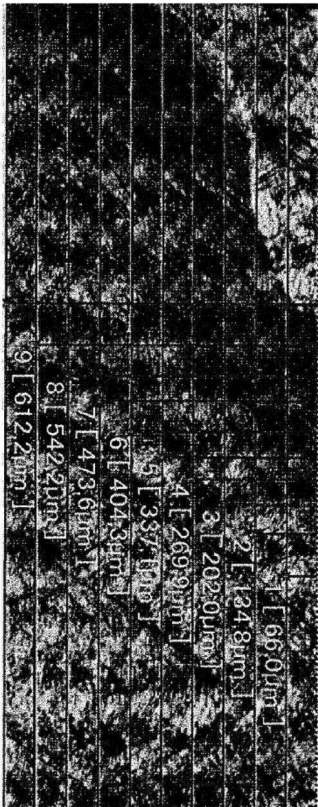
도면14a



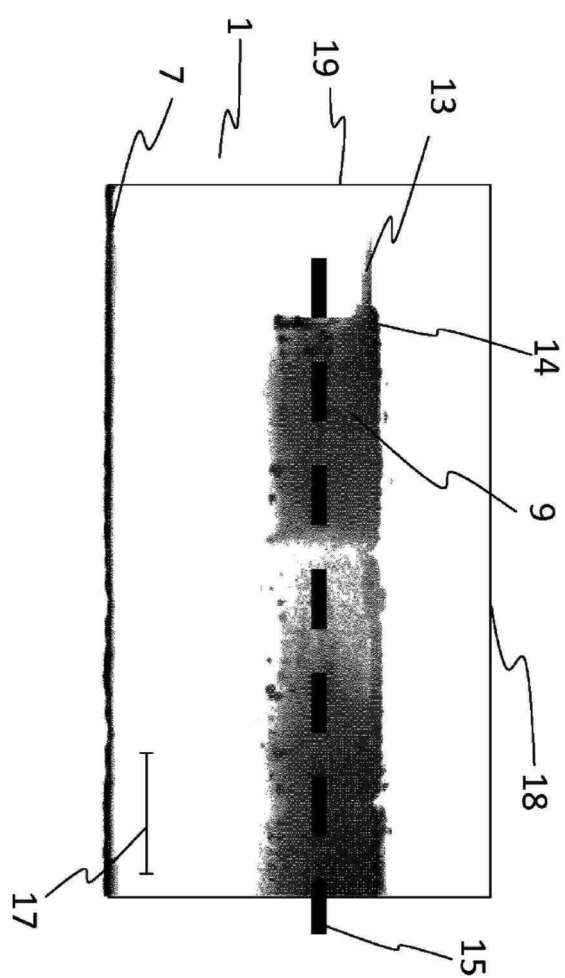
도면14b



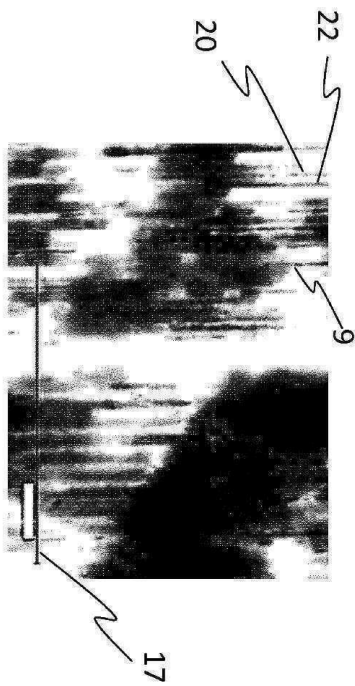
도면14c



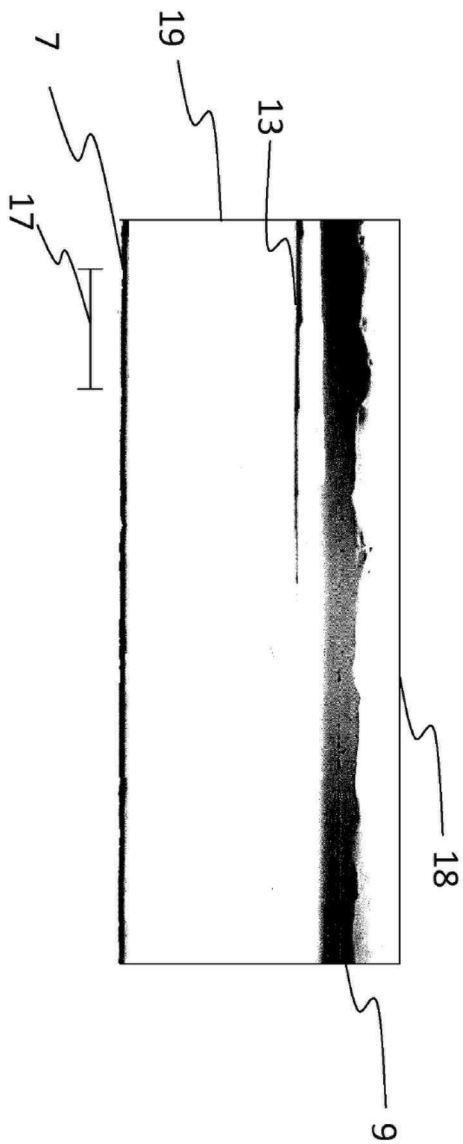
도면15a



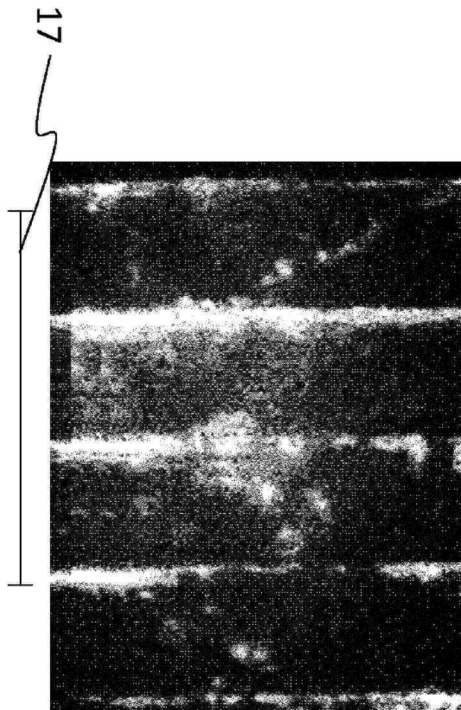
도면15b



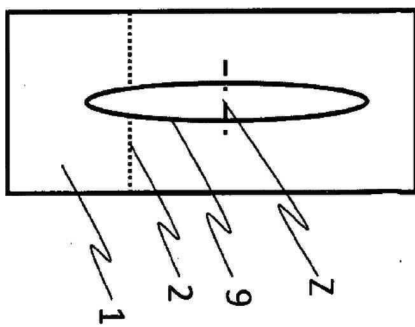
도면16a



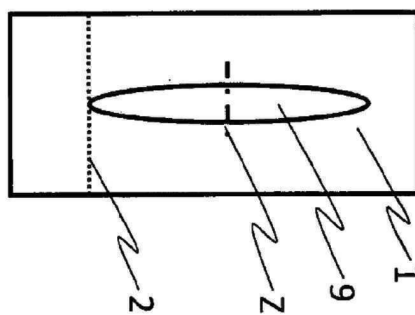
도면16b



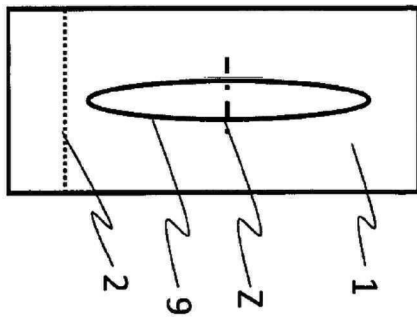
도면17a



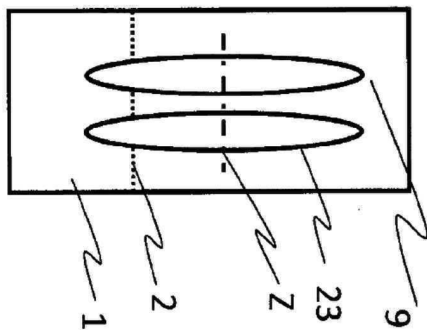
도면17b



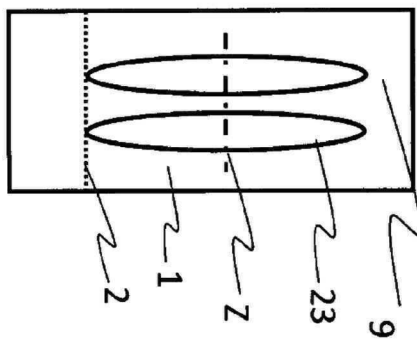
도면17c



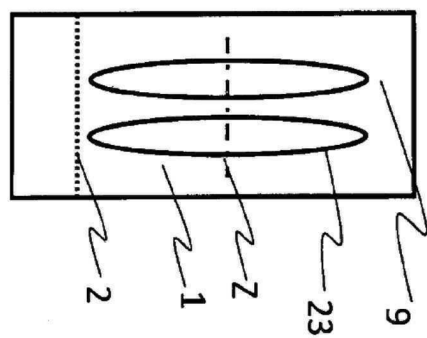
도면17d



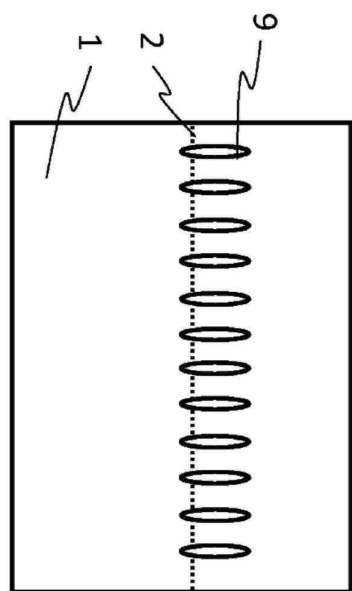
도면17e



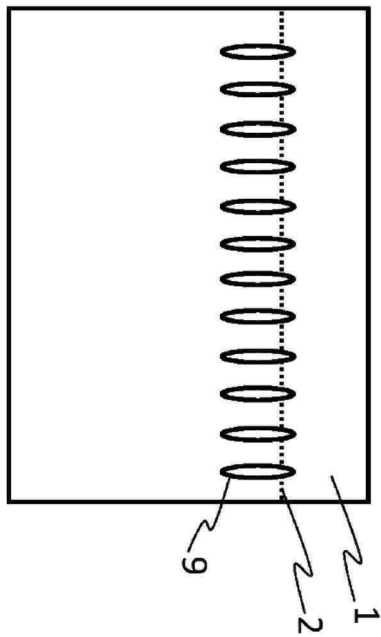
도면17f



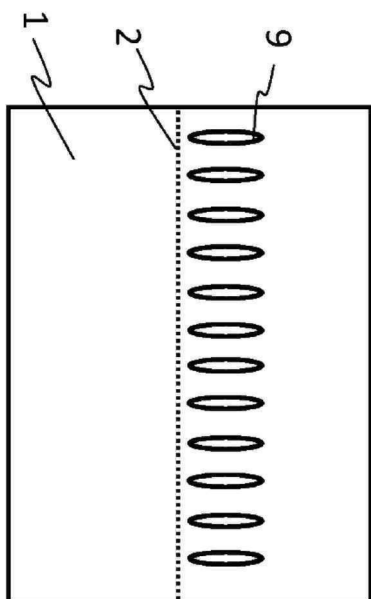
도면18a



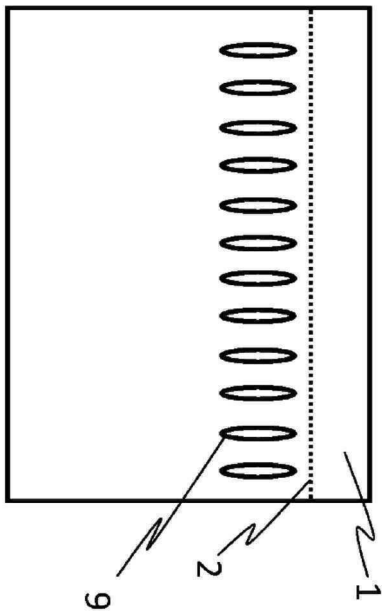
도면18b



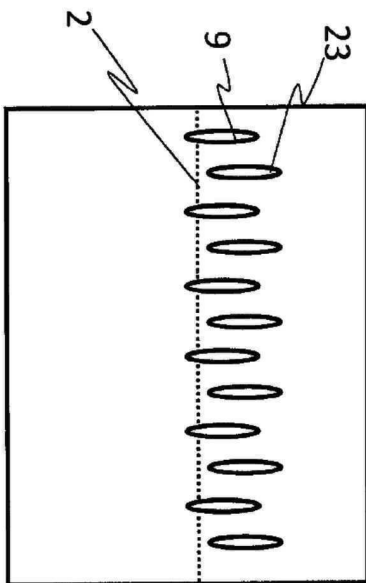
도면18c



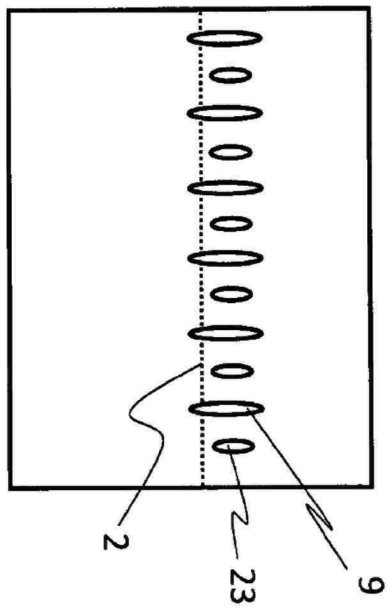
도면18d



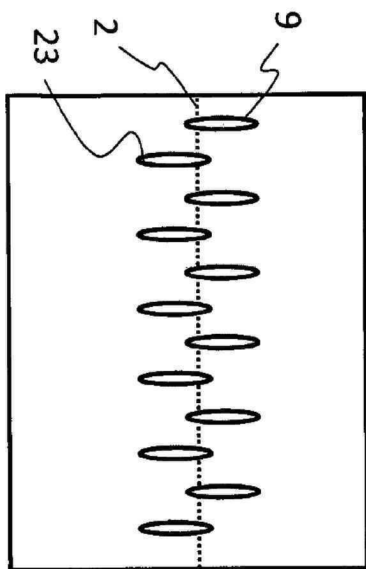
도면19a



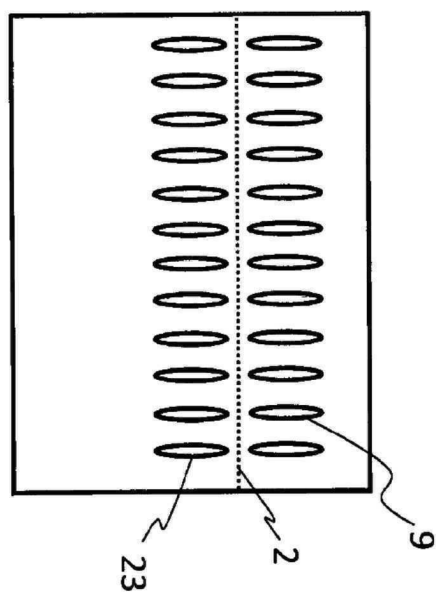
도면19b



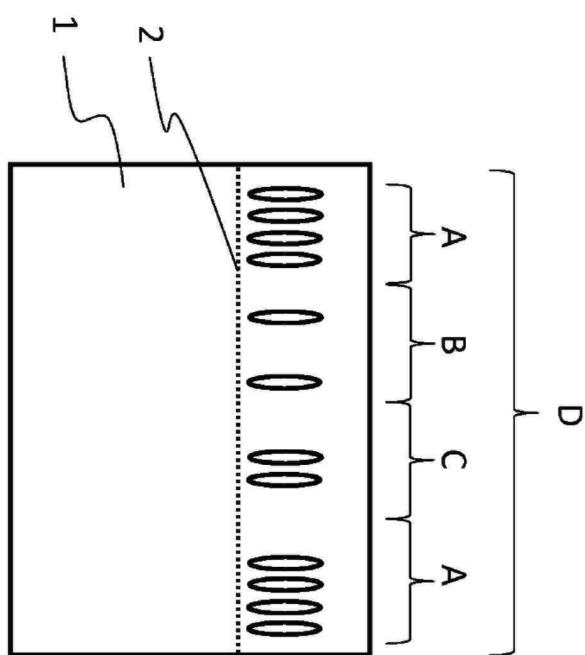
도면19c



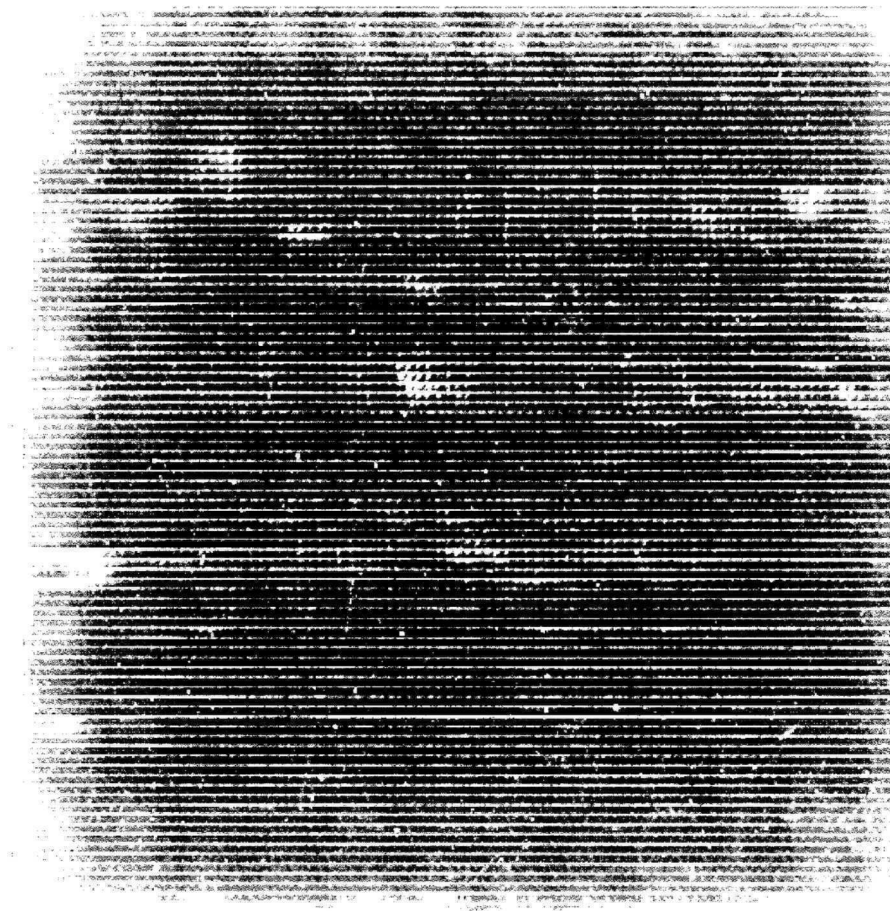
도면19d



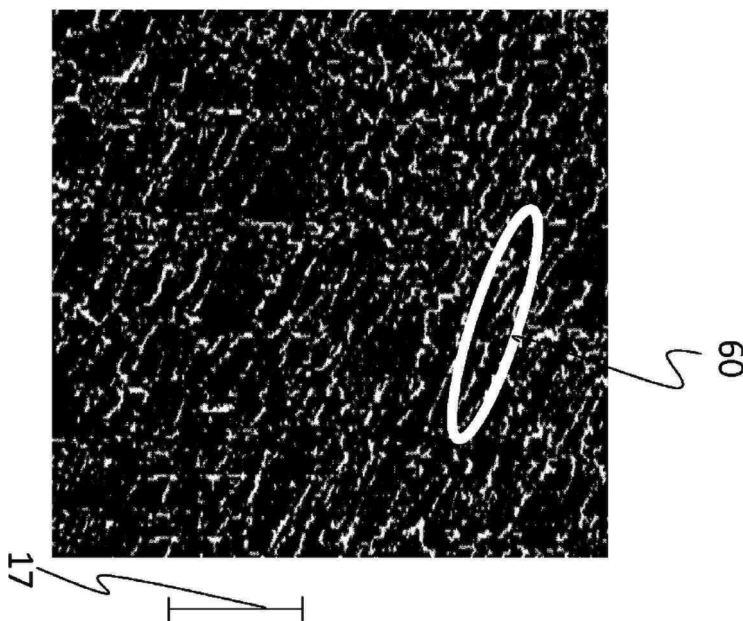
도면20



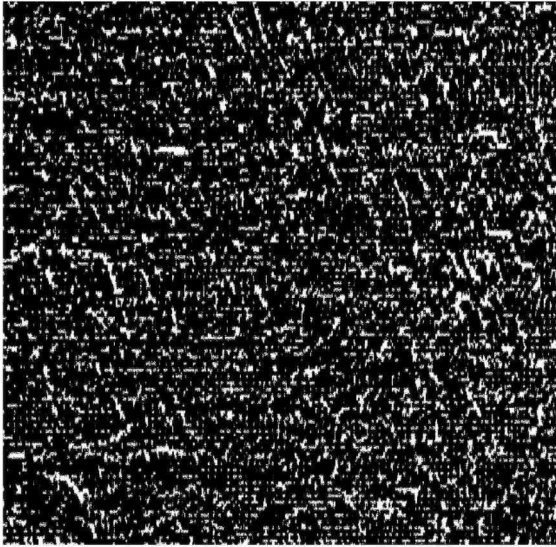
도면21



도면22a



도면22b



도면23

