



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2018년05월11일
 (11) 등록번호 10-1857335
 (24) 등록일자 2018년05월04일

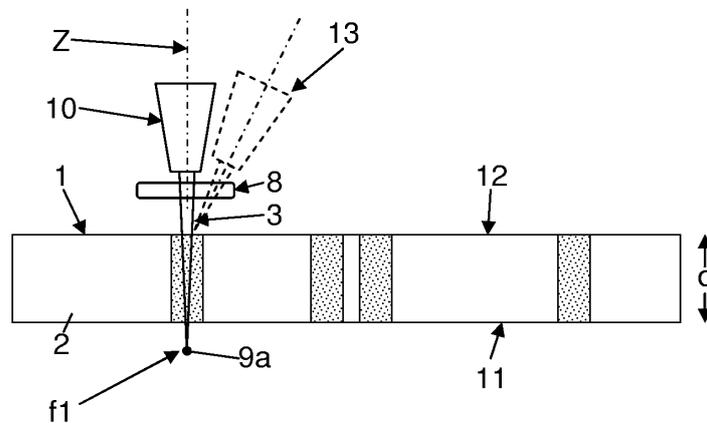
- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
 B23K 26/00 (2014.01) B23K 26/0622 (2014.01)
 H01L 21/30 (2006.01) H01S 3/00 (2006.01)
 B23K 101/40 (2006.01) B23K 103/00 (2006.01)
- (52) CPC특허분류
 B23K 26/0057 (2013.01)
 B23K 26/0006 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2015-7027412
 (22) 출원일자(국제) 2014년04월03일
 심사청구일자 2015년10월02일
 (85) 번역문제출일자 2015년10월02일
 (65) 공개번호 10-2015-0128802
 (43) 공개일자 2015년11월18일
 (86) 국제출원번호 PCT/DE2014/100118
 (87) 국제공개번호 WO 2014/161534
 국제공개일자 2014년10월09일
- (30) 우선권주장
 10 2013 103 370.9 2013년04월04일 독일(DE)
 10 2013 112 033.4 2013년10월31일 독일(DE)
- (56) 선행기술조사문헌
 W02012014718 A1*
 (뒷면에 계속)
- 전체 청구항 수 : 총 29 항
- (73) 특허권자
 엘피케이에프 레이저 앤드 일렉트로닉스 악티엔게
 젤샤프트
 독일연방공화국 가르프젠 오스테리데 7(우편번호
 30827)
- (72) 발명자
 크뤼거 로빈 알렉산더
 독일 30173 하노버 아인트라흐트백 5
 암브로지우스 노르베르트
 독일 47624 케펠레어 램백 13
 오슈트홀트 로만
 독일 30916 이제른하겐 회페슈트라쎄 11
- (74) 대리인
 특허법인코리아나
- 심사관 : 우귀애

(54) 발명의 명칭 **기판 안으로 관통 개구부들을 도입하기 위한 방법 및 장치, 그리고 이렇게 제조된 기판**

(57) 요약

본 발명은 레이저 광선을 이용해, 인터포저로서 이용될 수 있는 기판 (2) 안에 다수의 리세스 (5) 를 도입하기 위한 방법 및 장치에 관한 것이며, 또한 이러한 방식으로 제조된 기판 (2) 에 관한 것이다. 이를 위해, 레이저 광선 (3) 은 기판 (2) 의 표면 쪽으로 지향된다. 이때, 레이저 광선 (3) 의 작용 기간은 매우 짧게 선택 (뒷면에 계속)

대표도 - 도4a



되고, 따라서 기판 재료의 리세스가 생기지 않으면서 상기 레이저 광선의 광선축 (Z) 둘레로 동심적으로 기판 (2) 의 개질만 생긴다. 상기 레이저 광선 (3) 은 우선, 공기보다 큰, 강도 의존형 굴절률을 갖는 투과성 매체 (8) 를 통해 지향되고, 그 후 상기 기판 (2) 에 도달한다. 이용된 펄스형 레이저의 강도가 변함없는 것이 아니라 단일 펄스의 시간적 진행에 걸쳐 최대값까지 증가하는, 그리고 그 후 감소하는 강도를 가짐으로써 상기 굴절률도 변한다. 이로써, 상기 레이저 광선 (3) 의 포커스 포인트 (9a) 는 상기 광선축 (Z) 을 따라서 상기 기판 (2) 의 외부 표면들 (11, 12) 사이에서 이동하고, 따라서 상기 Z축에서 레이저 가공 헤드 (10) 를 보정하지 않고 상기 광선축 (Z) 을 따라서 원하는 개질이 생긴다.

(52) CPC특허분류

B23K 26/0624 (2015.10)

H01L 21/30 (2013.01)

H01S 3/0057 (2013.01)

B23K 2201/40 (2013.01)

B23K 2203/50 (2015.10)

B23K 2203/56 (2015.10)

(56) 선행기술조사문헌

JP2005288501 A*

JP2011222700 A*

DE10154361 A1*

KR1020100120297 A*

JP2001242495 A*

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

명세서

청구범위

청구항 1

펄스 기간 (t) 을 갖는 펄스형 레이저 광선 (3) 을 조사하는, 광학 시스템에 의해, 기관 (2) 안에 다수의 리세스 (5) 를 도입하기 위한 방법으로서,

도입되어야 하는 리세스들 (5) 의 영역에서 상기 기관 (2) 의 두께는 2 mm 를 넘지 않고,

레이저 파장을 위한 상기 기관 (2) 의 기관 재료는 적어도 부분적으로 투명하고, 상기 레이저 광선 (3) 은 상기 광학 시스템에 의해 원래의 초점 거리 (f1) 를 가지도록 포커싱되고, 상기 레이저 광선 (3) 의 강도는 상기 레이저 광선 (3) 의 광선축 (Z) 을 따른 상기 기관 (2) 의 개질을 발생시키고, 하지만 관통하는 재료 제거를 초래하지 않고, 이를 통해 바로 다음 단계에서 이방성 (anisotropic) 재료 제거는 먼저 상기 레이저 광선 (3) 에 의한 개질을 거친 그러한 영역들에서 수행되고, 따라서 리세스 (5) 가 상기 기관 (2) 안에 도입되고,

상기 레이저 광선 (3) 은, 단일 펄스 (P) 의 펄스 기간 (t) 내에서 비선형 (non-linear) 셀프 포커싱 (self-focusing) 을 통하여 상기 원래의 초점 거리 (f1) 와 상이한 초점 거리 (f2) 를 갖는, 상기 동일한 광학 시스템을 통해 포커싱되고,

펄스형 레이저 (pulsed laser) 의 강도가 단일 펄스와 관련하여 상기 단일 펄스의 시간적 진행에 걸쳐 최대값까지 증가하는, 그리고 그 후 감소하는 강도를 가지고, 이때 광학 시스템의 초점 거리는, 포커싱 광학 시스템에 의해 결정된 기하학적 초점위치와 상관없이 강도에 의존하여 조절 가능하고,

상기 초점 거리 (f2) 와 상기 원래의 초점 거리 (f1) 사이의 차이는 상기 도입되어야 하는 리세스 (5) 의 영역에서의 상기 기관 (2) 의 두께보다 큰 것을 특징으로 하는, 기관 안에 다수의 리세스를 도입하기 위한 방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 초점 거리 (f2) 는 상기 원래의 초점 거리 (f1) 보다 작은 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 3

삭제

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 기관 (2) 은 본질적인 재료 부분으로서 유리, 사파이어 및/또는 규소를 구비하는 것을 특징으로 하는, 기관 안에 다수의 리세스를 도입하기 위한 방법.

청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 이방성 재료 제거는 불화수소산 안에서 에칭을 통해 실행되는 것을 특징으로 하는, 기관 안에 다수의 리세스를 도입하기 위한 방법.

청구항 6

제 1 항에 있어서,

상기 기관 (2) 은 상기 레이저 광선 (3) 의 조사 전에 적어도 일면이 에칭 레지스트 (7) 로 코팅되는 것을 특징으로 하는, 기관 안에 다수의 리세스를 도입하기 위한 방법.

청구항 7

제 6 항에 있어서,

상기 기관 (2) 은 상기 레이저 광선 (3) 의 조사 전에 에칭 레지스트 (7) 로 적어도 하나의 표면에 평평하게 코팅되고, 레이저 광선 (3) 의 작용을 통해 동시에 점 모양의 작용 구역에서 상기 에칭 레지스트 (7) 가 제거되고, 적어도 하나의 표면에서 상기 기관 (2) 안의 개질이 발생하는 것을 특징으로 하는, 기관 안에 다수의 리세스를 도입하기 위한 방법.

청구항 8

제 6 항에 있어서,

상기 에칭 레지스트 (7) 는 이방성 재료 제거 후 상기 기관 (2) 의 표면에서 제거되는 것을 특징으로 하는, 기관 안에 다수의 리세스를 도입하기 위한 방법.

청구항 9

제 1 항에 있어서,

상기 기관 (2) 은 적어도 일면이 금속으로 코팅되는 것을 특징으로 하는, 기관 안에 다수의 리세스를 도입하기 위한 방법.

청구항 10

제 9 항에 있어서,

상기 개질 후, 적어도 개별적인, 리세스 (5) 및/또는 관통 개구부들을 덮는, 상기 기관의 적어도 일면에 금속으로 코팅하기 위한 평평한 금속층 (6) 이 상기 기관 (2) 에 제공되고, 상기 리세스 (5) 및/또는 관통 개구부들은 상기 금속층 (6) 이 상기 기관 (2) 에 제공된 후에 뒤따라 도입되어야 하고, 다음 단계에서, 개질된 영역들 (4) 이 제거되고, 따라서 상기 금속층 (6) 에 의해 일면이 폐쇄된 리세스들 (5) 이 만들어지는 것을 특징으로 하는, 기관 안에 다수의 리세스를 도입하기 위한 방법.

청구항 11

제 1 항에 있어서,

상기 광학 시스템의 개구수 (numerical aperture, NA) 는 0.3 보다 큰 것을 특징으로 하는, 기관 안에 다수의 리세스를 도입하기 위한 방법.

청구항 12

제 1 항에 있어서,

상기 레이저 광선 (3) 은 먼저 투과성 매체 (transmissive medium, 8) 를 관통하여 지향되고, 상기 투과성 매체 (8) 는 공기보다 큰, 강도 의존형 (intensity dependent) 굴절률을 갖는 것을 특징으로 하는, 기관 안에 다수의 리세스를 도입하기 위한 방법.

청구항 13

제 1 항에 있어서,

상기 레이저 광선 (3) 은 상기 광학 시스템의 레이저 가공 헤드의 포커싱 광학 시스템 및 공기보다 큰 강도의 의존형 굴절률 (n_2) 을 갖는, 상기 레이저 광선 (3) 의 파장에 대해 상기 광학 시스템의 투과성 매체를 관통하여 지향되는 것을 특징으로 하는, 기관 안에 다수의 리세스를 도입하기 위한 방법.

청구항 14

제 12 항에 있어서,

상기 투과성 매체는 본질적인 재료 부분으로서 사파이어를 구비하는 것을 특징으로 하는, 기관 안에 다수의 리세스를 도입하기 위한 방법.

청구항 15

제 1 항에 있어서,

상기 레이저 광선 (3) 은 상기 광학 시스템으로부터 반대쪽을 향하는 상기 기관 (2) 의 뒷면 (11) 에 가까운 초점 거리 ($f1$) 를 갖는 포커스 포인트 (9a) 로 지향되는 것을 특징으로 하는, 기관 안에 다수의 리세스를 도입하기 위한 방법.

청구항 16

제 15 항에 있어서,

상기 레이저 광선 (3) 은 단일 펄스 (P) 의 펄스 기간 (t) 동안 각각의 포커스 포인트 (9a, 9b, 9c) 로 지향되는 것을 특징으로 하는, 기관 안에 다수의 리세스를 도입하기 위한 방법.

청구항 17

제 15 항에 있어서,

각각의 포커스 포인트 (9a, 9b, 9c) 는 단일 펄스의 펄스 기간 (t) 동안 적어도 30 μm 만큼 상기 레이저 광선 (3) 의 상기 광선축 (Z) 의 방향으로 옮겨지는 것을 특징으로 하는, 기관 안에 다수의 리세스를 도입하기 위한 방법.

청구항 18

제 1 항에 있어서,

상기 레이저 광선 (3) 이 상기 기관 (2) 에 작용하는 동안, 상기 기관 (2) 은 상기 레이저 광선 (3) 에 대해 상대적으로 그리고/또는 레이저 가공 헤드 (10) 에 대해 상대적으로 광선축 (Z) 의 방향으로 중단 없이 움직여지는 것을 특징으로 하는, 기관 안에 다수의 리세스를 도입하기 위한 방법.

청구항 19

제 1 항에 있어서,

상기 광학 시스템이 균일한 상대속도로 상기 기관 (2) 에 대해 상대적으로 움직여짐으로써 다수의 리세스 (5) 가 만들어지는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 20

제 1 항에 있어서,

상기 레이저 광선 (3) 을 통해 추가적으로 표면 영역도 제거되는 것을 특징으로 하는, 기관 안에 다수의 리세스를 도입하기 위한 방법.

청구항 21

제 1 항에 있어서,

상기 레이저 광선 (3) 의 상기 펄스 기간 (t) 은 50 ps 보다 적은 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 22

제 1 항에 있어서,

펄스형 레이저의 상기 레이저 광선 (3) 은 투과성 매체 (8) 를 통해, 그리고 연속 방출형 레이저의 레이저 광선은 상기 투과성 매체 (8) 를 통해 또는 상기 투과성 매체 (8) 를 우회하여 상기 기관 (2) 으로 지향되는 것을 특징으로 하는, 기관 안에 다수의 리세스를 도입하기 위한 방법.

청구항 23

제 1 항에 있어서,

상기 이방성 재료 제거를 통해 외부 표면들 (11, 12) 사이의 관통 개구부로서 상기 리세스 (5) 는 상기 기관 (2) 안에 도입되는 것을 특징으로 하는, 기관 안에 다수의 리세스를 도입하기 위한 방법.

청구항 24

제 1 항에 따른 방법을 실행하도록, 기관 (2) 으로 레이저 광선 (3) 을 굴절시키기 위해, 레이저 가공 헤드 (10) 를 구비하는, 광학 시스템을 포함하는 장치로서,

상기 레이저 광선 (3) 이 투과성 매체 (8) 를 관통하여 상기 기관 (2) 으로 굴절될 수 있을 정도로 상기 레이저 가공 헤드 (10) 와 상기 기관 (2) 사이에, 공기보다 큰 강도 의존형 굴절률을 갖는, 평면 평행하는 (plane-parallel) 상기 투과성 매체 (8) 가 배치되고,

펄스형 레이저 (pulsed laser) 의 강도가 단일 펄스와 관련하여 상기 단일 펄스의 시간적 진행에 걸쳐 최대값까지 증가하는, 그리고 그 후 감소하는 강도를 가지고, 이때 광학 시스템의 초점 거리는, 포커싱 광학 시스템에 의해 결정된 기하학적 초점위치와 상관없이 강도에 의존하여 조절 가능한 것을 특징으로 하는, 기관 안에 다수의 리세스를 도입하기 위한 장치.

청구항 25

제 24 항에 있어서,

상기 레이저 광선 (3) 은 상기 레이저 가공 헤드 (10) 로부터 반대쪽을 향하는 상기 기관 (2) 의 뒷면 (11) 에 간격을 두고 포커싱 포인트 (9a, 9b, 9c) 쪽으로 굴절될 수 있는 것을 특징으로 하는, 기관 안에 다수의 리세스를 도입하기 위한 장치.

청구항 26

제 24 항에 있어서,

상기 레이저 광선 (3) 의 펄스 기간 (t) 은 50 ps 보다 적은 것을 특징으로 하는, 기관 안에 다수의 리세스를 도입하기 위한 장치.

청구항 27

제 24 항에 있어서,

상기 투과성 매체 (8) 는 유리, 및/또는 사파이어로 구성되는 것을 특징으로 하는, 레이저 가공 헤드를 구비하는, 기관 안에 다수의 리세스를 도입하기 위한 장치.

청구항 28

제 24 항에 있어서,

상기 투과성 매체 (8) 는 상기 레이저 가공 헤드 (10) 와 연결되고, 상기 레이저 가공 헤드와 함께 움직일 수 있게 배치되는 것을 특징으로 하는, 기관 안에 다수의 리세스를 도입하기 위한 장치.

청구항 29

제 24 항에 있어서,

상기 장치는 펄스형 레이저와 연결되고, 연속 방출형 레이저와 연결되는 것을 특징으로 하는, 기관 안에 다수의 리세스를 도입하기 위한 장치.

청구항 30

제 24 항에 있어서,

상기 광학 시스템의 개구수 (NA) 는 0.3 보다 큰 것을 특징으로 하는, 기관 안에 다수의 리세스를 도입하기 위한 장치.

청구항 31

삭제

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 레이저 광선을 이용해, 인터포저 (interposer) 또는 마이크로 부품으로서 이용될 수 있는 기판 안으로 다수의 관통 개구부를 도입하기 위한 방법 및 장치에 관한 것이다. 또한, 본 발명은 이러한 방식으로 제조된, 관통 개구부들이 제공된 기판에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 이러한 유형의 기판들은 다수의 동종 또는 이종 마이크로칩들의 연결부들을 전기적으로 연결하기 위한 이른바 인터포저로서 이용된다. 인터포저는 일반적으로 유리 또는 규소로 구성되고, 예컨대 접촉면들, 재배선, 관통 접촉부, 및 능동적 및 비능동적 구성요소들을 포함한다.

[0003] 프로세서 코어로서의 마이크로칩은 전형적으로 그의 밑면에 비교적 작은 표면에 분배되어 서로 좁은 간격을 둔 수백개의 접촉점을 갖는다. 이 좁은 간격 때문에 이 접촉점들은 바로 회로판, 이른바 마더보드 위에 도포될 수 없다. 그렇기 때문에 인터포저가 연결요소로서 이용되고, 상기 연결요소를 가지고 접촉 베이스가 확장될 수 있다.

[0004] 인터포저로서는, 실무에서 예컨대 유리섬유로 강화된 에폭시 수지 플레이트가 이용되고, 상기 에폭시 수지 플레이트에 다수의 구멍이 제공된다. 유리섬유 매트 표면의 도체 트랙들 (conductor tracks) 이 연장되고, 구멍들을 채우기 위해 상기 도체 트랙들은 각각의 구멍들 안으로 안내되고, 상기 유리섬유 매트의 다른 측에서는 프로세서 코어의 연결 접촉부들까지 이어진다. 하지만, 가열 발생시 프로세서 코어와 유리섬유 매트 사이의 서로 다른 팽창들이 발생하고, 이로써 이 두 구성요소 사이의 기계적 응력들이 발생한다

[0005] 그러므로, 서로 다른 열팽창계수들 때문에 발생하는 응력들을 감소시키기 위해 규소 인터포저들도 이용된다. 규소 인터포저들은 반도체 분야에서 통례적인 방식으로 가공될 수 있다. 하지만, 규소 기반의 인터포저들의 제조는 비용이 매우 많이 들고, 따라서 그들을 보다 비용절감적인 유리 재료로 대체하고자 하는 노력들이 증가하고 있는데, 왜냐하면 유리는 그의 열팽창과 관련하여 규소에 맞춰질 수 있기 때문이다.

[0006] 여기서, 사용할 수 있는 인터포저들로의 유리의 가공이 도전되고 있다. 특히 관통 접촉하기 위한 기판 안으로의 다수의 관통 개구부의 경제적인 도입은 선행기술에서 아직 해결되지 않았다.

[0007] 이렇게, EP 2 503 859 A1 에는 기판에 관통 구멍들이 제공되는 방법이 공지되어 있고, 이때 상기 기판은 유리, 예컨대 규산염 유리, 사파이어, 플라스틱 또는 세라믹과 같은 절연체와 규소와 같은 반도체들로 구성된다. 상기 기판은 레이저, 예컨대 펄스 레이저로 조사되고, 상기 레이저는 상기 기판 내부의 원하는 위치에서의 포커스 포인트 (focus point) 쪽으로 포커싱된다. 상기 기판이 레이저를 통해 개질된 (modified) 영역들과 함께 에칭 용액 안으로 잠겨지고, 이렇게 상기 개질된 영역들이 상기 기판 밖으로 제거되는 방법으로 관통 구멍들이 만들어진다. 이 에칭은 개질되지 않았던 상기 기판의 영역들과 비교하여 상기 개질된 영역이 극단적으로 빨리 에칭된다는 효과를 이용한다. 이러한 방식으로 블라인드 홀들 또는 관통 개구부들이 만들어질 수 있다. 상기 관통 개구부를 채우기 위해 구리용액이 적합하다. 원하는 “깊이 작용”, 즉 기판 외면들 사이의 관통 구멍을 달성하기 위해, 포커스 포인트는 계속된 조사에 있어서 상응하여 이동되고, 즉 Z축의 방향으로 보정되어야 한다.

[0008] 아주 일반적으로, 선택적인 레이저 가공과, 선택적인, 레이저 유도 에칭으로서의 후속 에칭공정과의 조합은 ISLE (In-volume selective laser-induced etching) 이라는 명칭으로도 공지되어 있다. 이 방법은 유리 또는 사파이어와 같은 투명한 재료들에 있어서 마이크로 부품들, 채널들 및 성형된 섹션들을 제조하는 데에 쓰인다. 마이크로 광학 시스템, 의학기술 및 마이크로 시스템 기술을 위한 제품들의 소형화는 마이크로미터의 범위에서의 치수를 갖는 그리고 100 nm 까지의 구조 정확성을 갖는 제조를 요구한다. ISLE 방법은 투명한 재료들로 만들어진 그리고 투명한 재료들에 있어서의 구조들을 위해 적합한 제조방법이다. 작업물의 내부에서 레이저 광선을 초점을 맞추으로써, 재료는 작은 부피 (몇 입방마이크로미터) 에서 구조적으로 변경된다. 예컨대, 사파이어의 결정 구조는 비결정질 구조로 변화되고, 상기 비결정질 구조는 모재보다 10000배 더 빨리 에칭된다. 작업물을 통한 레이저 초점의 운동을 통해, 결합되어 있는 개질된 영역들이 만들어지고, 상기 개질된 영역들은 뒤따라 칼륨 수산화물 또는 불화수소산을 이용해 수용액 안에서 화학적으로 에칭되고, 제거된다.

[0009] DE 10 2010 025 966 B4 에는, 제 1 단계에서는 포커싱된 레이저 임펄스들이 기관 쪽으로 지향되고, 상기 레이저 임펄스들의 광선 강도는, 유리 안의 필라멘트 모양의 채널을 따라서 국부적인, 무열 (athermal) 파괴가 발생할 정도로 강한 방법이 공지되어 있다. 제 2 방법단계에서는, 마주하고 있는 전극들에 고전압 에너지가 공급됨으로써 상기 필라멘트 모양의 채널들은 구멍들이 되도록 확장되고, 이는 상기 필라멘트 모양의 채널을 따라서 상기 기관을 통한 유전 (dielectric) 관통부들을 초래한다. 이 관통부들은, 구멍지름을 달성할시 에너지 공급의 차단을 통해 과정이 정지될 때까지 전열 (electrothermal) 가열 및 구멍 재료들의 기화를 통해 확장된다. 대안적으로 또는 추가적으로, 상기 채널들은 반응 가스들에 의해서도 확장될 수 있고, 상기 반응 가스들은 노즐들을 이용해 구멍 위치들 쪽으로 지향된다. 관통 위치들은 공급된 예칭 가스에 의해서도 확장될 수 있다. 우선 무열 파괴를 통해 기관이 돌파되고, 다음 단계에서 필라멘트 모양의 채널들의 지름이 구멍들로 확장됨으로써 발생하는, 비교적 비용이 많이 드는 과정은 불리하다고 증명된다.

[0010] 또한, US 6,400,172 B1 에는 레이저를 이용한, 반도체 재료 안으로의 관통 개구부들의 도입이 공지되어 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0011] 본 발명의 목적은 관통 개구부들을 도입하기 위한 방법 및 장치를 본질적으로 간단하게 하고, 특히 실행을 위한 시간 소모를 감소시키는 것이다. 또한, 이 방법에 따라 제조된 기관이 만들어내져야 한다.

과제의 해결 수단

[0012] 상기 목적은 본 발명에 따르면 청구항 제 1 항의 특징들에 따른 방법으로 달성된다. 본 발명의 그 밖의 구현형태는 종속항들에서 알 수 있다.

[0013] 즉, 본 발명에 따르면 레이저 광선이 우선, 공기보다 큰, 강도 의존형 굴절률을 갖는, 특히 평면 평행하는 (plane-parallel) 투과성 매체 (transmissive medium), 특히 유리, 바람직하게는 본질적인 재료부분으로서 사파이어를 구비하는 투과성 매체를 관통하여 지향되고, 그 후 기관에 도달하고, 상기 레이저 광선은 원래의 초점 거리와 상이한 초점 거리를 갖는, 변하지 않은 광학 시스템을 통해 단일 펄스 (single pulse) 의 펄스 기간 내에서 비선형 (non-linear) 셸프 포커싱 (self-focusing) 을 통해 포커싱되는 방법이 제공된다. 이때, 본 발명은 펄스형 레이저 (pulsed laser) 의 강도가 단일 펄스와 관련하여 변함없는 것이 아니라 단일 펄스의 시간적 진행에 걸쳐 최대값까지 증가하는, 그리고 그 후 감소하는 강도를 갖는다는 점을 이용한다. 상기 증가하는 강도에 근거하여 상기 굴절률도, 정규 분포에 상응하여 시간적 진행에 걸쳐 단일 펄스와 관련하여, 최대값까지 증가함으로써, 상기 광학 시스템의 초점 거리, 즉 레이저 가공 헤드 (laser processing head) 로부터의 또는 렌즈로부터의 간격이 변하고, 보다 정확히 말하면 포커싱 광학 시스템에 의해 결정된 기하학적 초점 위치와 상관없이 변한다. 말하자면, 이 효과는, 최대 강도와 최소 강도 사이의 초점 위치들의 간격이 적어도 원하는 세로방향 연장부, 즉 도입되어야 하는 리세스 (recess) 의 깊이에 상응할 정도로 상기 투과성 매체를 통해 강화된다. 이때, 도입되어야 하는 리세스들의 영역에서 기관의 두께는 2 mm 를 넘지 않는다. 이로부터, 단일 펄스의 기간 동안 광선축의 방향으로 국부적 이동이 발생하고, 상기 국부적 이동은, 추후에 도입되어야 하는 리세스들의, 광선축의 방향으로의 전체 주 연장부의 영역 안의 원하는 개질을 초래한다. 이때, 선행기술에서는 피할 수 없는, 초점 위치의 보정이 생략될 수 있다. 즉, 특히, 기관을 통한 레이저 초점의 운동을 위한 제어가 필요하지 않다. 이로써, 본 발명에 따르면, 이를 위해 필요한 제어 비용이 생략될 뿐만 아니라 가공 기간도 상당히 감소되고, 예컨대 단일 펄스의 기간으로 감소된다. 이때, 상기 투과성 매체의 비선형 굴절률은 선형적으로 강도에 의존하고, 따라서 적합한 재료 및 적합한 치수와 관련된 선택은 이용된 레이저 광선의 강도에 의존한다.

[0014] 이때, 레이저 광선은, 기관을 뚫고 들어가는 상기 기관의 리세스가 생기지 않으면서 상기 레이저 광선의 광선축을 따라서 상기 기관의 개질만 수행되도록 상기 기관 쪽으로 지향되고, 이때 바로 다음 단계에서 이방성 (anisotropic) 재료 제거 (material removal) 는, 먼저 레이저 광선을 이용한 개질을 거친 상기 기관의 영역들에서만 실행되고, 이렇게 리세스 또는 관통 개구부가 상기 기관 안에 도입된다. 본 발명에 따른 공정이 아직 최종적으로 이해되지 않았을지라도, 현재, 레이저 작용에 근거하여 개질시 기관 재료의 화학적 변화가 발생한다는 것에 근거를 두고 있으며, 상기 화학적 변화는 상기 기관의 물리적 특성들 또는 외부 성질에 단지 적은 영향만을 미친다. 이때, 레이저 에너지 도입은 반응 또는 변화를 통한 개질을 일으키기 위해 또는 발생시키기 위해 사용되고, 상기 개질의 효과는 다음의 방법단계에서 비로소 상기 원하는 재료 제거를 위해 이용된다.

- [0015] 상기 이방성 재료 제거가 에칭 방법을 통해, 특히 액체 에칭, 건식 에칭 또는 증기상 에칭을 통해, 또는 고전압 또는 고주파수를 이용한 기화를 통해 수행됨으로써, 본래의 재료 제거를 위해, 순차적인 제거방법이 아니라 평면적으로 작용하는 제거방법이 유익하고, 상기 제거방법은 공정에 매우 적은 요구만을 제시한다. 오히려, 작용 기간에 걸쳐 상기 재료 제거는 상기 기술된 방식으로 사전 가공된 그리고 이에 상응하여 개질된 모든 영역들을 위해 양적으로 및 질적으로 동시에 실행될 수 있고, 따라서 다수의 리세스 또는 관통 개구부들을 만들기 위한 시간 소모가 통틀어 본질적으로 감소된다.
- [0016] 최소 강도에 있어서의 포커스 포인트는 상기 기관의 외부 표면 쪽으로 지향될 수 있다. 이와 반대로, 레이저 광선이 상기 기관의 반대쪽을 향하는 측으로 상기 기관에 대해 간격을 두고 포커싱되면 특히 유망하다고 증명되었고, 따라서 레이저 광선의 포커스 포인트는, 상기 포커스 포인트가 상기 레이저 광선으로부터 반대쪽을 향하는 뒷면에 상기 기관의 표면에 대한 간격을 두고 있도록 조절된다. 즉, 이를 통해, 우선 레이저 광선은 상기 기관의 외부에 있는 포커스 포인트 쪽으로 지향된다. 그러면, 증가하는 강도에 근거하여 변한 굴절률은 상기 기관을 관통한 광선축을 따른 포커스 포인트의 국부적 이동을 초래한다. 이를 통해, 각각의 포커스 포인트가 상기 기관의 내부에서 개질을 발생시키기 위해 충분히 높은 강도의 작용을 받는 것이 보장된다. 바람직하게는, 최종적으로 이동된 포커스 포인트와 원래의 포커스 포인트 사이의 차이는 도입되어야 하는 리세스의 영역에서의 기관의 두께보다 크다.
- [0017] 물론, 광선 작용의 기간은 기관에 대한 레이저 가공 헤드의 변하지 않은 상대적 위치에 있어서 다수의 펄스길이를 포함할 수 있는데, 왜냐하면 이렇게 예컨대 기관 재료의 개질을 더욱 최적화하기 위해서이다. 이와 반대로, 레이저 광선이 단일 펄스의 기간 동안 각각의 포커스 포인트 쪽으로 지향되면 특히 유리하다. 즉, 이로써, 레이저 광선의 선행하는 그리고 후행하는 펄스들은, 상기 기관의 평면에 있어서 간격을 둔 위치들 쪽으로 지향되고, 따라서 이웃한 포커스 포인트들은 상기 기관의 평면에 있어서의 간격을 갖는다.
- [0018] 상기 개질들은 레이저 가공을 통해 도입될 수 있고, 상기 레이저 가공에 있어서 레이저 가공 헤드의 포지셔닝과 레이저 가공은 번갈아 가며 실행된다. 이와 반대로, 바람직하게는, 레이저 광선이 기관 쪽으로 지향되는 동안, 상기 레이저 광선 또는 상기 레이저 가공 헤드와 상기 기관 사이의 연속적인 상대운동이 실행되고, 즉, 따라서 상기 레이저 광선은 연속적으로 “날아가는” 운동에 있어서 상기 기관 위로 안내되고, 즉, 따라서 상대위치의 중단되지 않은 변경은 상기 기관의 극단적으로 빠른 가공 기간을 발생시킨다. 특히, 상기 레이저 광선과 관련된 상기 기관의 상대적 위치가 변함없는 속도로 변경될 수 있고, 따라서 변함없는 펄스 주파수에 있어서 상기 발생되어야 하는 개질들의 간격은 미리 결정된 그리드 치수를 따른다.
- [0019] 특히 바람직하게는, 파장을 갖는 레이저가 작동되고, 상기 파장에 대해 상기 기관이 투명하고, 따라서 상기 기관의 관통이 보장된다. 특히, 이를 통해, 레이저 광선축에 대해 동축적으로 빙 돌아서 본질적으로 원통형인 개질 구역이 보장되고, 상기 개질 구역은 관통 개구부의 또는 리세스의 변함없는 지름을 초래한다.
- [0020] 이 이외에, 상기 관통 개구부의 원뿔형 유입영역이 생길 정도로 상기 이방성 제거의 작용 구역을 형성하기 위해, 레이저를 통해 추가적으로 표면 영역도 제거되면 유리할 수 있다. 이러한 방식으로, 추후의 관통 접촉이 간단해질 수 있다. 또한, 이 영역에서 예컨대 에칭제의 작용이 집중된다.
- [0021] 펄스 기간은 선행기술에 공지된 방법에 대해 본질적으로 감소될 수 있다. 본 발명에 따른 방법의 특히 유리한 구현형태에 있어서, 50 ps 보다 적은, 바람직하게는 20 ps 보다 적은 펄스 기간을 갖는 레이저가 작동될 수 있다.
- [0022] 본 발명의 다른, 마찬가지로 특히 유망한 구현형태에 있어서, 특히 상기 개질 후, 평평한, 적어도 개별적인, 특히 뒤따라 도입되어야 하는 다수의 관통 개구부를 덮는 금속층이 상기 기관에 제공된다. 다음 단계에서, 상기 개질된 영역들은, 상기 금속층에 의해 일면이 폐쇄된 리세스가 만들어지도록 제거된다. 하지만, 이때 상기 금속층은 바람직하게는 상기 개질 후 재료 제거 전에 도입되고, 따라서 상기 재료 제거 후, 예컨대 도체 트랙으로서 도포된 상기 금속층은 상기 리세스를 폐쇄하고, 이를 통해 동시에, 거기에 설치되어야 하는 접촉부를 위한 최적의 베이스를 형성한다. 이때, 관통 접촉은 상기 리세스의 영역에서, 그 자체가 공지된 방법들로 수행된다. 상기 금속층이 도체 트랙으로서 도포됨으로써, 또한 간단한 방식으로 원하는 회로도가 만들어질 수 있다.
- [0023] 상기 방법의 다른, 마찬가지로 특히 유망한 구현형태에 있어서, 상기 기관은 상기 레이저 가공 전에 에칭 레지스트 (etching resist) 로 적어도 하나의 표면에 평평하게 코팅된다. 레이저 광선의 작용을 통해, 동시에 점 모양의 작용 구역에서 적어도 하나의 표면 위의 상기 에칭 레지스트가 제거되고, 상기 기관 안의 개질이 생

긴다. 이러한 방식으로, 개질되지 않은 영역들은 후속 에칭공정에서의 원하지 않은 작용으로부터 보호되고, 그렇기 때문에 표면이 손상되지 않는다. 이때, 상기 에칭 레지스트는 그 아래에 놓여 있는 기관의 개질을 방해하지 않는다. 오히려, 상기 에칭 레지스트는 레이저 광선을 투과시키거나 또는 거의 점 모양으로 레이저 광선을 통해 제거되고, 즉 예컨대 기화된다. 또한, 상기 에칭 레지스트가 상기 개질을 위해 도움을 주면서 작용하는, 즉 예컨대 개질 과정을 가속화하는 물질들을 포함하는 일이 있을 수 있다.

- [0024] 물론, 상기 에칭 레지스트를 도포하기 전에, 상기 기관의 외면들 중 하나 위에 상기 기술된 금속층이 도포될 수 있는데, 왜냐하면 상기 금속층을 상기 에칭 레지스트의 제거 후 원하는 관통 접촉을 위한 베이스로 사용하기 위해서이다.
- [0025] 상기 에칭 레지스트는 가공의 종료 후 상기 기관의 표면 위에 남아 있을 수 있다. 하지만, 바람직하게는, 상기 에칭 레지스트는 그 자체가 공지된 방식으로 상기 이방성 재료 제거 후 상기 기관의 표면에서 제거된다.
- [0026] 원칙적으로, 상기 방법은 상기 기관의 특정한 재료 조성물들에 제한되지 않는다. 하지만, 상기 기관이 본질적인 재료 부분으로서 알루미늄규산염, 특히 보로알루미늄규산염 (boro-aluminosilicate) 을 구비하면 특히 유망하다.
- [0027] 두 번째로 언급된 상기 목적은 본 발명에 따르면 기관 쪽으로 레이저 광선을 굴절시키기 위한 레이저 가공 헤드를 갖는 장치를 가지고, 상기 장치는 공기보다 큰, 강도 의존형 굴절률, 또는 공기보다 큰, 강도 의존형 굴절지수를 갖는, 특히 적어도 하나의 평탄한 표면을 갖춘 또는 예컨대 평평한 플레이트 (flat plate) 로서 설계된 투과성 매체를 갖추고 있고, 상기 투과성 매체는 레이저 광선이 상기 투과성 매체를 관통하여 상기 기관 쪽으로 굴절될 수 있을 정도로 상기 레이저 가공 헤드와 상기 기관 사이에 배치됨으로써 달성된다. 이를 통해, 펄스형 레이저와 연결하여 각각의 단일 펄스의 기간 동안 그리고 이와 동반하는, 단일 펄스 동안의 강도의 변동 동안 초점 위치의 축방향 변경을 만들어내기 위해, 본 발명에 따르면 상기 투과성 매체의 상기 강도 의존형 굴절률 또는 상기 강도 의존형 굴절지수가 이용된다. 즉, 이로써, 선행기술에서와 달리, 초점 위치는 적어도 단일 펄스의 기간 동안 변하지 않는 것이 아니라 초점 위치는 상기 단일 펄스의 전체 기간과 관련하여 광선축상의 선을 따라서 옮겨진다. 초점 위치가 레이저 가공 헤드의 포커싱 광학 시스템의 보정 없이 옮겨짐으로써 어떤 본질적인 장점들이 본 발명에 있어서 발생하는지를 쉽게 이해할 수 있다. 특히, 이를 통해 가공 기간이 본질적으로 짧아지고, 제어 비용도 감소된다. 예컨대, 평탄한 기관에 있어서 Z축의 보정이 생략될 수 있다.
- [0028] 이때, 원칙적으로 변형도 가능하고, 상기 변형에 있어서 상기 투과성 매체는 광선 진행의 방향으로 상기 레이저 가공 헤드의 포커싱 광학 시스템 앞에 상기 레이저 가공 헤드에 배치되고, 따라서 레이저 광선은 우선 상기 투과성 매체를 관통하여, 그 후 상기 포커싱 광학 시스템을 관통하여 기관 쪽으로 지향된다.
- [0029] 강도 의존형 빛의 굴절의 효과는 물론 예컨대 상기 투과성 매체가 상응하여 맞춰지거나 또는 교체됨으로써 또는 레이저 광선이 다수의 투과성 매체들을 관통하거나 또는 동일한 매체를 여러 번 관통함으로써 각각의 적용목적에 맞춰질 수 있다.
- [0030] 포커스 포인트는 상기 기관의 상기 레이저 가공 헤드로부터 반대쪽을 향하는 뒷면 쪽으로 지향될 수 있고, 상기 투과성 매체는, 강도 의존형 포커스 포인트가 강도 최대값에 있어서 상기 레이저 가공 헤드를 향하는 정면에 도달하도록 성질을 가질 수 있다. 이와 반대로, 레이저 광선이 상기 레이저 가공 헤드로부터 반대쪽을 향하는 상기 기관의 뒷면에 대해 간격을 두고 포커스 포인트 쪽으로 굴절될 수 있으면 특히 실무에 적합하고, 따라서 상기 기관의 상기 뒷면에 강도 최소값에 있어서 도달하는 것이 아니라, 증가하는 강도의 진행 동안 비로소 도달한다. 이로써, 상기 기관 내부에서의 달성되어야 하는 개질을 위해 항상 충분한 레이저 광선의 강도가 보장된다.
- [0031] 가공하기 위해, 원칙적으로 각각의 펄스형 레이저가 적합하고, 이때 50 ps 보다 적은, 바람직하게는 20 ps 보다 적은 펄스 기간을 갖는 레이저가 특히 목적에 맞다고 이미 증명되었다.
- [0032] 또한, 상기 레이저 가공 헤드가 초점을 맞추기 위해 0.3 보다 큰, 특히 0.4 보다 큰 개구수 (numerical aperture, NA) 를 갖는 포커싱 광학 시스템을 구비하면 특히 의미 있다.
- [0033] 본 발명에 따른 상기 장치의 특히 유망한 형태는 상기 포커싱 광학 시스템이 굴절률 분포형 렌즈를 구비함으로써 달성될 수 있다. GRIN 렌즈라고도 알려진 이러한 렌즈의 이용을 통해, 방사상 방향에서 감소하는 굴절률은, 다른 경우에는 존재하는 강도의 약화가 렌즈의 가장자리 영역에서 가능한 한 많이 보상되는 것을 초래한다.

- [0034] 또한, 현저한, 강도 의존형 굴절률을 실현하기 위해 상기 투과성 매체가 유리, 특히 석영 유리로 구성되면 유리하다고 증명된다.
- [0035] 이때, 상기 투과성 매체는 바람직하게는 상기 레이저 가공 헤드와 연결되고, 그와 함께 움직일 수 있게 배치되고, 상기 레이저 가공 헤드에, 특히 교체 가능하게 배치된다. 이를 위해, 예컨대 신속 고정 (rapid fixing) 이 적합하다.
- [0036] 바람직하게는, 상기 장치는 펄스형 레이저에 대해 추가적으로, 연속 방출형 레이저를 갖추고 있고, 이때 상기 투과성 매체는 상기 연속 방출형 레이저의 파장에 대해 투명하고, 상기 연속 방출형 레이저는 상기 매체를 관통하여 기관 쪽으로 지향되고 또는 상기 투과성 매체를 우회하면서 기관 쪽으로 지향된다. 이때, 상기 펄스형 레이저의 파장과 상기 연속 방출형 레이저의 파장은 서로 다를 수 있다. 또한, 여러 가지 레이저원들의 레이저 광선들은 서로 다른 축들로부터 기관 쪽으로 지향될 수 있다.
- [0037] 본 발명은 여러 가지 실시형태들을 허용한다. 그들의 기본 원리를 더욱 명료하게 하기 위해, 그들 중 하나가 도면에 도시되고, 하기에서 기술된다.

도면의 간단한 설명

- [0038] 도 1 은 이방성 재료 제거를 통해 기관 안으로 다수의 관통 개구부를 도입하기 위한 다수의 방법단계를 갖는 흐름도를 나타내고,
 도 2 는 이방성 재료 제거 전에 금속층이 도포되는 방법변형을 나타내고,
 도 3 은 제 1 방법단계에서 에칭 레지스트가 기관 위에 도포되는 그 밖의 방법변형을 나타내고,
 도 4 는 단일 펄스 동안 강도 의존형 초점 위치를 나타내고,
 도 5 는 단일 펄스의 기간 동안 시간에 걸친 강도 분포의 도표를 나타낸다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0039] 도 1 은 인쇄회로기판 제조에서 접촉요소로서 정해진, 기관 (2) 을 갖는 인터포저 (1) 안으로 다수의 관통 개구부를 도입할 때의 개별적인 방법단계들을 나타낸다. 이를 위해, 레이저 광선 (3) 은 기관 (2) 의 표면 쪽으로 지향된다. 기관 (2) 은 본질적인 재료 부분으로서 보로알루미늄노규산염을 구비하는데, 왜냐하면 이렇게 온도팽창을 규소의 온도팽창과 비슷하게 보장하기 위해서이다. 이때, 기관 (2) 의 재료 두께 (d) 는 50 μm 과 500 μm 사이이다. 이때, 레이저 광선 (3) 의 작용 기간은 매우 짧게 선택되고, 따라서 기관 재료의 본질적인 관통하는 파괴 또는 리세스가 발생하지 않으면서 상기 레이저 광선의 광선축 둘레로 동심적으로 기관 (2) 의 개질만 생긴다. 특히, 상기 작용 기간은 단일 펄스에 제한된다. 이를 위해, 파장을 갖는 레이저가 작동되고, 상기 파장에 대해 기관 (2) 이 투명하다. 이렇게 개질된 영역 (4) 은 도 1b 에 도시된다. 도 1c 에 도시된 다음 방법단계에서는, 도시되지 않은 에칭시키는 액체 또는 에칭시키는 기체의 작용에 근거하여, 먼저 레이저 광선 (3) 을 통해 개질을 거친 기관 (2) 의 영역들 (4) 에서는 이방성 재료 제거가 발생한다. 이를 통해, 원통형 작용 구역을 따라서 기관 (2) 안의 관통 개구부로서의 리세스 (5) 가 생긴다.
- [0040] 도 2 에서는 동일한 방법의 변경이 기술되고, 상기 변경에 있어서는, 도 2 b 에 도시된 레이저 광선 (3) 을 통한 개질 후, 도 2c 에서 알아볼 수 있는 바와 같이 평평한 금속층 (6) 이 기관 (2) 에 제공된다. 개질된 영역 (4) 에서의 이방성 재료 제거를 통해, 도 2d 에 도시된 다음 방법단계에서는 금속층 (6) 에 의해 일면이 폐쇄된 리세스들 (5) 이 생기고, 상기 리세스들은 추후의 접촉을 위한 베이스를 형성한다.
- [0041] 상기 방법의 그 밖의 변형은 도 3 에 도시된다. 이때, 기관 (2) 은 레이저 광선 (3) 을 이용한 레이저 가공 전에 도 3b 에 도시된 에칭 레지스트 (7) 로 코팅된다. 레이저 광선 (3) 의 작용에 근거하여, 점 모양의 작용 구역에서 동시에 에칭 레지스트 (7) 의 제거 및 그 아래에 놓여 있는 기관 (2) 의 영역의 개질이 발생하고, 이는 도 3c 에서 알아볼 수 있다. 이렇게, 기관 (2) 의 표면의 개질되지 않은 영역들은 후속 에칭공정에서의 원하지 않은 작용으로부터 보호되고, 상기 에칭공정을 통해, 도 3d 에 도시된 바와 같이, 이방성 재료 제거는 액체 에칭 방법을 통해 수행되고, 상응하는 리세스들 (5) 이 기관 (2) 안에 생긴다. 이른바 스트리핑 방법 (stripping method) 을 통해, 도 3e 에 도시된 바와 같이, 상기 에칭 방법의 종료 후 없어도 되는 에칭 레지스트 (7) 가 제거된다.
- [0042] 도 4 및 도 5 를 근거로, 하기에서는 기관 (2) 의 상기 레이저 가공 동안의 본질적인 효과가 상세히 설명된다.

이때, 단일 펄스 (P) 동안의, 강도 의존형 초점 위치에 관한 것이다. 이때, 본 발명은, 레이저 광선 (3)의 단일 펄스 (P)의 강도 (I)가 변함없는 것이 아니라, 도 5에 도시된 바와 같이 상기 단일 펄스의 시간적 진행에 걸쳐 예컨대 정규 분포에 상응하여 최소값 (I_a) 으로부터 평균값 (I_b) 을 거쳐 최대값 (I_c) 까지 증가하는, 그리고 그 후 감소하는 강도를 갖는다는 인식에 근거를 두고 있다. 동시에, 가변적인 강도 (I)에 근거하여, 시간적 진행 (t)에 걸친 단일 펄스 (P)와 관련하여, 특히 또한 투과성 매체 (8)의, 굴절률이 변한다.

이를 통해, 레이저 가공 헤드 (10)의 포커싱 광학 시스템에 의해 결정된 기하학적 초점 위치와 상관없이, 도 4a 내지 도 4c에 도시된, 레이저 광선 (3)의, 강도 의존형 초점 위치들 (9a, 9b, 9c)도 변하고, 바람직하게는 초점 위치들 (9a, 9b, 9c)은 단일 펄스의 펄스 기간 (t) 동안 적어도 30 μm 만큼 레이저 광선 (3)의 광선축 (Z)의 방향으로 옮겨진다. 이 효과는 레이저 가공 헤드 (10)와 기관 (2) 사이에 배치된, 공기보다 큰, 강도 의존형 굴절률을 갖는, 예컨대 유리로 만들어진 투과성 매체 (8)를 통해, 최대 강도 (I_c)와 최소 강도 (I_a)사이의 초점 위치들 (9a, 9c)사이의 간격이 적어도 원하는 세로방향 연장부에 상응하도록, 즉 도입되어야 하는 리세스의 깊이에 상응하도록 또는 도시된 바와 같이 도입되어야 하는 관통 구멍의 경우 기관 (2)의 재료 두께 (d)에 상응하도록 강화된다. 즉, 강도 의존형 포커스 포인트 (9a, 9b, 9c)는 기관 (2)의 뒷면 (11)에 대해 간격을 둔, 도 4a에 도시된 위치로부터 출발하여 레이저 가공 헤드 (10)의 방향으로 광선축 (Z)을 따라서 이동하고, 이렇게 연속적 운동에 있어서 뒷면 (11)과 레이저 가공 헤드 (10)를 향한 정면 (12)사이의 광선축 (Z)을 따른 모든 위치에 도달하고, 따라서 추후에 도입되어야 하는 리세스들의 전체 주 연장부의 영역 안의 원하는 개질이 발생한다.

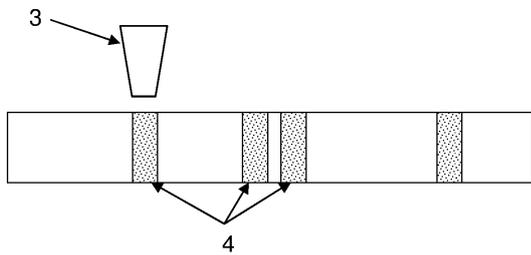
[0043] 보충적으로, 도 4a에는 추가적인 레이저 가공 헤드 (13)가 암시적으로만 도시되고, 상기 추가적인 레이저 가공 헤드를 통해, 펄스형 레이저의 레이저 광선 (3)은 레이저 가공 헤드 (10)와 연결된, 연속 방출형 레이저원에 대해 보충적으로 선택적으로 투과성 매체 (8)를 관통하여 또는 상기 투과성 매체를 우회하면서 기관 (2)쪽으로 지향된다. 이를 통해, 도 5에 도시된 레이저 광선 (3)의 단일 펄스 (P)의 강도 (I)는 상응하여 상기 연속 방출형 레이저원의 강도를 통해 강화된다.

도면

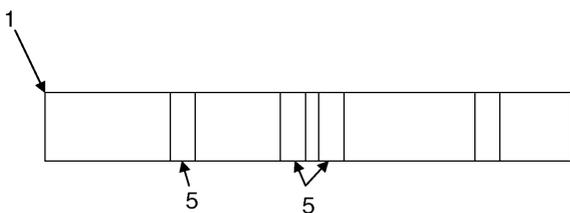
도면1a



도면1b



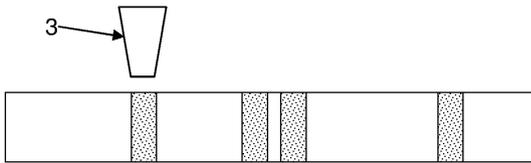
도면1c



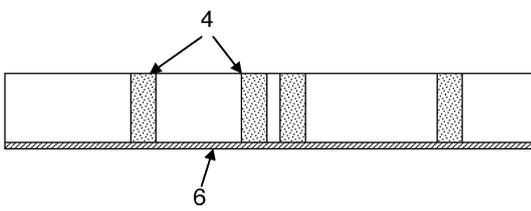
도면2a



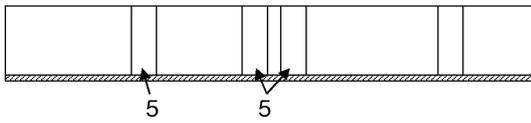
도면2b



도면2c



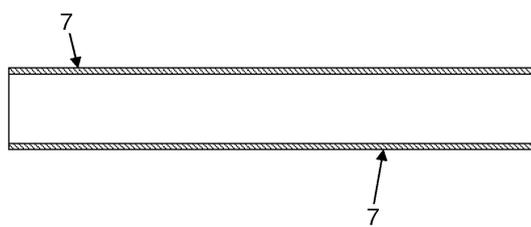
도면2d



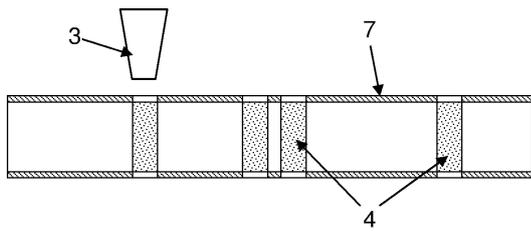
도면3a



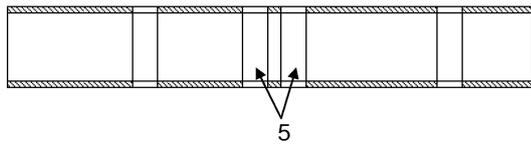
도면3b



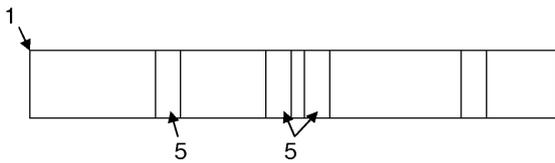
도면3c



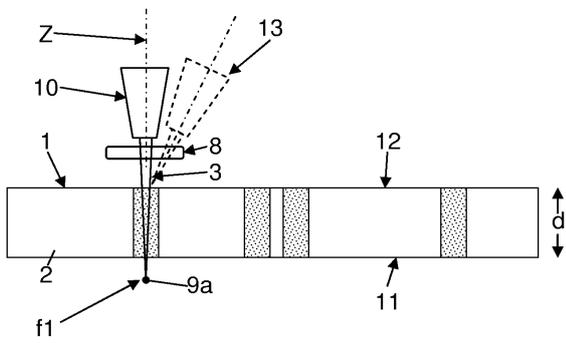
도면3d



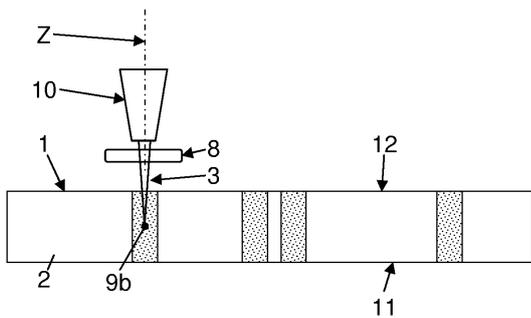
도면3e



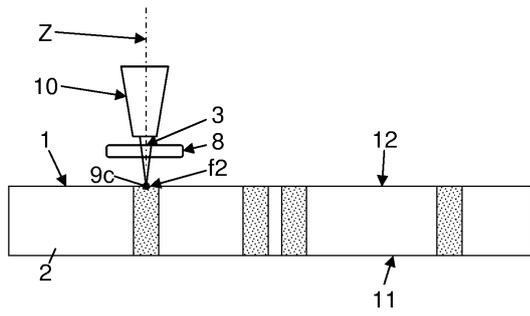
도면4a



도면4b



도면4c



도면5

