



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2017년07월19일

(11) 등록번호 10-1754186

(24) 등록일자 2017년06월29일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

*H01L 21/78* (2006.01) *B23K 26/06* (2014.01)  
*B23K 26/40* (2014.01) *H01L 21/268* (2006.01)  
*B23K 103/00* (2006.01)

(21) 출원번호 10-2012-7025413

(22) 출원일자(국제) 2011년03월31일

심사청구일자 2016년03월16일

(85) 번역문제출일자 2012년09월27일

(65) 공개번호 10-2013-0051435

(43) 공개일자 2013년05월20일

(86) 국제출원번호 PCT/US2011/030768

(87) 국제공개번호 WO 2011/123673

국제공개일자 2011년10월06일

(30) 우선권주장

12/753,367 2010년04월02일 미국(US)

(56) 선행기술조사문헌

JP2009049390 A

JP2008166445 A

JP2006315017 A

JP2004515365 A

(73) 특허권자

일렉트로 사이언티픽 인더스트리이즈 인코포레이티드

미국, 오리건 97229, 포트랜드, 노스웨스트 싸이언스 파크 드라이브 13900

(72) 발명자

오사코 야수

미국, 오리건 97035, 레이크 오스웨고, 첼시 드라이브 14057

핀 달라

미국, 오리건 97006, 비버튼, 에이피티 비2, 엔더블유 아일랜드 씨클 335

(74) 대리인

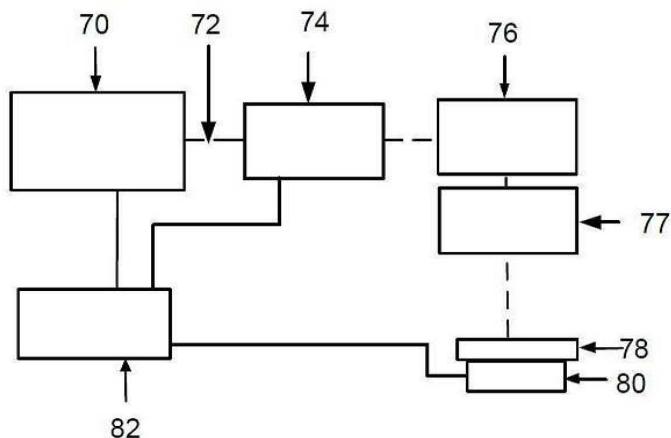
특허법인 광장리앤고

전체 청구항 수 : 총 22 항

심사관 : 김종희

(54) 발명의 명칭 **취성 재료의 레이저 싱글레이션을 위한 개선된 방법 및 장치****(57) 요약**

전자 기판의 다이로의 싱글레이션을 위한 개선된 방법은 레이저를 이용해서 레이저 파라미터들을 변경함으로써 우선 기판에 절삭부들을 형성하고 나서, 해당 절삭부의 에지부들에 면취가공을 실시한다. 상기 면취가공은 잔여 손상을 저감함으로써 다이 파단 강도를 증가시키고, 또한 추가의 처리 단계, 추가의 장비 또는 소모성 공급품을 필요로 하는 일없이 초기의 레이저 절삭부에 의해 초래된 파편을 제거한다.

**대 표 도 - 도7**

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

취성 가공대상물(brITTLE workpiece)을 레이저 기계 가공하는 방법에 있어서,

레이저 파라미터들을 지니는 레이저를 제공하는 단계;

상기 가공대상물에 제1절삭부를 형성하기 위해 제1레이저 파라미터들을 이용하여 상기 레이저에 의해서 제1절삭 프로세스를 수행하는 단계; 및

상기 제1절삭 프로세스를 수행한 후, 상기 가공대상물에 제2절삭부를 형성하기 위해 제2레이저 파라미터들을 이용하여 상기 레이저에 의해서 제2절삭 프로세스를 수행하는 단계를

포함하고,

상기 제1레이저 파라미터들과 상기 제2레이저 파라미터들은 제1절삭 프로세스 동안에 가공대상물에 가해지는 제1레이저 플루언스가 제2절삭 프로세스 동안에 가공대상물에 가해지는 제2레이저 플루언스보다 작도록 선택되며,

상기 제2절삭 프로세스는 상기 제1절삭부에 의해 생성된 공간에 인접한 위치에서 수행되어 상기 제2절삭 프로세스 동안 발생한 파편이 상기 공간으로 전송되도록 하는,

취성 가공대상물을 레이저 기계 가공하는 방법.

#### 청구항 2

제1항에 있어서, 상기 제1레이저 파라미터들 및 상기 제2레이저 파라미터들로 구성된 그룹으로부터 선택된 적어도 하나의 파라미터는 파장을 포함하고,

상기 파장은 255nm 내지 2 마이크론의 범위 내에 있는,

취성 가공대상물을 레이저 기계 가공하는 방법.

#### 청구항 3

제1항에 있어서, 상기 제1레이저 파라미터들 및 상기 제2레이저 파라미터들로 구성된 그룹으로부터 선택된 적어도 하나의 파라미터는 펄스 지속기간을 포함하고,

상기 펄스 지속기간은 10 펨토초 내지 100 마이크로초인,

취성 가공대상물을 레이저 기계 가공하는 방법.

#### 청구항 4

제1항에 있어서, 상기 제1레이저 파라미터들 및 상기 제2레이저 파라미터들로 구성된 그룹으로부터 선택된 적어도 하나의 파라미터는 레이저 파워를 포함하고,

상기 레이저 파워는 0.1 마이크로주울 내지 1.0 밀리주울의 범위 내에 있는,

취성 가공대상물을 레이저 기계 가공하는 방법.

#### 청구항 5

제1항에 있어서, 상기 제1레이저 플루언스와 상기 제2레이저 플루언스로 구성된 그룹으로부터 선택된 적어도 하나의 플루언스는 0.1 마이크로주울/cm<sup>2</sup> 내지 200 주울/cm<sup>2</sup>의 범위 내에 있는, 취성 가공대상물을 레이저 기계 가공하는 방법.

#### 청구항 6

제1항에 있어서, 상기 제1레이저 파라미터들 및 상기 제2레이저 파라미터들로 구성된 그룹으로부터 선택된 적어

도 하나의 파라미터는 반복률을 포함하고,  
상기 반복률은 1kHz 내지 1MHz의 범위 내에 있는,  
취성 가공대상을 레이저 기계 가공하는 방법.

#### 청구항 7

제1항에 있어서, 상기 제1레이저 파라미터들 및 상기 제2레이저 파라미터들로 구성된 그룹으로부터 선택된 적어도 하나의 파라미터는 속도를 포함하고,  
상기 속도는 10 mm/s 내지 10 m/s의 범위 내에 있는,  
취성 가공대상을 레이저 기계 가공하는 방법.

#### 청구항 8

제1항에 있어서, 상기 제1레이저 파라미터들 및 상기 제2레이저 파라미터들로 구성된 그룹으로부터 선택된 적어도 하나의 파라미터는 피치를 포함하고,  
상기 피치는 0 마이크론 내지 50 마이크론의 범위 내에 있는,  
취성 가공대상을 레이저 기계 가공하는 방법.

#### 청구항 9

제1항에 있어서, 상기 제1레이저 파라미터들 및 상기 제2레이저 파라미터들로 구성된 그룹으로부터 선택된 적어도 하나의 파라미터는 스팟 크기를 포함하고,  
상기 스팟 크기는 2 마이크론 내지 20 마이크론의 범위 내에 있는,  
취성 가공대상을 레이저 기계 가공하는 방법.

#### 청구항 10

제1항에 있어서, 상기 제1레이저 파라미터들 및 상기 제2레이저 파라미터들로 구성된 그룹으로부터 선택된 적어도 하나의 파라미터는 초점 높이를 포함하고,  
상기 초점 높이는 -10mm 내지 +10mm의 범위 내에 있는,  
취성 가공대상을 레이저 기계 가공하는 방법.

#### 청구항 11

취성 가공대상을 레이저 기계 가공하는 장치로서,  
레이저 펄스들 및 레이저 펄스 파라미터들을 지닌 레이저;  
상기 가공대상을 상기 레이저 펄스들을 유도하도록 작동하는 레이저 광학계(laser optics);  
제어기의 방향에서 상기 레이저 펄스들과 관련하여 상기 가공대상을 이동시키도록 작동하는 이동 스테이지들(motion stages); 및  
상기 레이저 펄스 파라미터들, 상기 이동 스테이지들 및 상기 레이저 광학계를 제어하도록 작동하는 제어기를 포함하되,  
상기 제어기는 상기 레이저, 레이저 광학계 및 이동 스테이지들과 협동하여,  
가공대상을 상의 제1위치에서 제1절삭부를 형성하기 위하여 제1레이저 파라미터에 의해 제1절삭 프로세스를 수행하고; 및  
상기 제1절삭 프로세스를 수행한 후, 상기 제1위치에 인접한 제2위치에서 제2절삭을 형성하기 위해 제2레이저 파라미터에 의해 제2절삭 프로세스를 수행하도록 구성되며,  
상기 제1레이저 파라미터 및 상기 제2레이저 파라미터들은, 제1절삭 프로세스동안 가공대상을 제1레이저 플루언스가 제2절삭 프로세스동안 가공대상을 제2레이저 플루언스보다 더 낮도록 선택되며, 여기서 상기 제2

절삭 프로세스는 상기 제1절삭에 의해 생성된 공간에 인접한 위치에서 수행되어 제2절삭 프로세스동안 생성된 파편이 상기 공간으로 전송되도록 하는, 취성 가공대상물을 레이저 기계 가공하는 장치.

#### 청구항 12

제11항에 있어서, 상기 제1레이저 파라미터들 및 상기 제2레이저 파라미터들로 구성된 그룹으로부터 선택된 적어도 하나의 파라미터는 파장을 포함하고,

상기 파장은 255nm 내지 2 마이크론의 범위 내에 있는,

취성 가공대상물을 레이저 기계 가공하는 장치.

#### 청구항 13

제11항에 있어서, 상기 제1레이저 파라미터들 및 상기 제2레이저 파라미터들로 구성된 그룹으로부터 선택된 적어도 하나의 파라미터는 펄스 지속기간을 포함하고,

상기 펄스 지속기간은 10 펨토초 내지 100 마이크로초인,

취성 가공대상물을 레이저 기계 가공하는 장치.

#### 청구항 14

제11항에 있어서, 상기 제1레이저 파라미터들 및 상기 제2레이저 파라미터들로 구성된 그룹으로부터 선택된 적어도 하나의 파라미터는 레이저 파워를 포함하고,

상기 레이저 파워는 0.1 마이크로주울 내지 1.0 밀리주울의 범위 내에 있는,

취성 가공대상물을 레이저 기계 가공하는 장치.

#### 청구항 15

제11항에 있어서, 상기 제1레이저 플루언스 및 상기 제2레이저 플루언스로 구성된 그룹으로부터 선택된 적어도 하나의 플루언스는 0.1 마이크로주울/cm<sup>2</sup> 내지 200 주울/cm<sup>2</sup>의 범위 내에 있는, 취성 가공대상물을 레이저 기계 가공하는 장치.

#### 청구항 16

제11항에 있어서, 상기 제1레이저 파라미터들 및 상기 제2레이저 파라미터들로 구성된 그룹으로부터 선택된 적어도 하나의 파라미터는 반복률을 포함하고,

상기 반복률은 1kHz 내지 1MHz의 범위 내에 있는,

취성 가공대상물을 레이저 기계 가공하는 장치.

#### 청구항 17

제11항에 있어서, 상기 제1레이저 파라미터들 및 상기 제2레이저 파라미터들로 구성된 그룹으로부터 선택된 적어도 하나의 파라미터는 속도를 포함하고,

상기 속도는 10 mm/s 내지 10 m/s의 범위 내에 있는,

취성 가공대상물을 레이저 기계 가공하는 장치.

#### 청구항 18

제11항에 있어서, 상기 제1레이저 파라미터들 및 상기 제2레이저 파라미터들로 구성된 그룹으로부터 선택된 적어도 하나의 파라미터는 피치를 포함하고,

상기 피치는 0 마이크론 내지 50 마이크론의 범위 내에 있는,

취성 가공대상물을 레이저 기계 가공하는 장치.

#### 청구항 19

제11항에 있어서, 상기 제1레이저 파라미터들 및 상기 제2레이저 파라미터들로 구성된 그룹으로부터 선택된 적어도 하나의 파라미터는 스팟 크기를 포함하고,  
상기 스팟 크기는 2 마이크론 내지 20 마이크론의 범위 내에 있는,  
취성 가공대상을 레이저 기계 가공하는 장치.

### 청구항 20

제11항에 있어서, 상기 제1레이저 파라미터들 및 상기 제2레이저 파라미터들로 구성된 그룹으로부터 선택된 적어도 하나의 파라미터는 초점 높이를 포함하고,  
상기 초점 높이는 -10mm 내지 +10mm의 범위 내에 있는,  
취성 가공대상을 레이저 기계 가공하는 장치.

### 청구항 21

가공대상을 레이저 기계 가공하기 위한 방법으로서,  
파장을 갖는 레이저 광을 생성하도록 구성된 레이저를 제공하는 단계;

상기 가공대상을 제1절삭부를 형성하기 위해 제1절삭 프로세스 동안에 상기 가공대상을 상기 파장을 갖는 레이저 광의 펄스를 지향시키는 단계로서, 상기 제1절삭 프로세스는 펄스 지속기간, 펄스 시간상 형상(pulse temporal shape), 레이저 파워, 플루언스, 반복률, 속도, 피치, 스팟 크기, 스팟 형상, 및 초점 높이로 구성된 그룹으로부터 선택된 적어도 하나의 레이저 파라미터에 의해 특징지어지는, 레이저 광의 펄스를 지향시키는 단계;

상기 제1절삭 프로세스의 후에, 상기 레이저 파라미터들 중 적어도 하나를 변화시키는 단계; 및

상기 가공대상을 제2절삭부를 형성하기 위해 적어도 하나의 변화된 레이저 파라미터에 의해 특징지어지는 제2 절삭 프로세스 동안에 상기 가공대상을 상기 파장을 갖는 레이저 광의 펄스를 지향시키는 단계를 포함하고,

상기 제2절삭 프로세스는 상기 제1절삭부에 의해 생성된 공간에 인접한 위치에서 수행되어 상기 제2절삭 프로세스 동안 발생한 파편이 상기 공간으로 전송되는,

가공대상을 레이저 기계 가공하기 위한 방법.

### 청구항 22

가공대상을 레이저 기계 가공하기 위한 장치에 있어서,

파장을 갖는 레이저 펄스를 생성하도록 구성된 레이저와;

상기 레이저 펄스를 상기 가공대상을 지향시키도록 작동하는 레이저 광학계와;

상기 레이저 펄스와 관련하여 상기 가공대상을 이동시키도록 작동하는 이동 스테이지; 및

상기 레이저와, 상기 이동 스테이지, 및 상기 레이저 광학계를 제어하도록 작동하는 제어기를 포함하며,

상기 제어기는 상기 레이저와, 상기 이동 스테이지, 및 상기 레이저 광학계와 협동하여,

가공대상을 상의 제1위치에 제1절삭부를 형성하기 위하여 제1절삭 프로세스 동안에 상기 가공대상을 상기 파장을 갖는 레이저 펄스를 지향하도록 구성되고, 상기 제1절삭 프로세스는 펄스 지속 기간, 펄스 시간상 형상, 레이저 파워, 플루언스, 반복률, 속도, 피치, 스팟 크기, 스팟 형상 및 초점 높이로 구성된 그룹으로부터 선택된 적어도 하나의 레이저 파라미터에 의해 특징지어지며;

상기 제1절삭 프로세스의 후에, 상기 레이저 파라미터들 중 적어도 하나를 변화시키도록 구성되고;

상기 제1 위치에 인접한 제2위치에 제2절삭부를 형성하기 위하여 적어도 하나의 변화된 레이저 파라미터에 의해 특징지어지는 제2절삭 프로세스 동안에 상기 가공대상을 상기 파장을 갖는 레이저 펄스를 지향하도

록 구성되며,

상기 레이저 파라미터들은, 제1절삭 프로세스 동안에 가공대상물에 가해지는 레이저 플루언스가 제2절삭 프로세스 동안에 가공대상물에 가해지는 레이저 플루언스보다 더 낮도록 선택되는,

가공대상물을 레이저 기계 가공하기 위한 장치.

청구항 23

삭제

청구항 24

삭제

청구항 25

삭제

청구항 26

삭제

청구항 27

삭제

청구항 28

삭제

청구항 29

삭제

청구항 30

삭제

청구항 31

삭제

청구항 32

삭제

청구항 33

삭제

청구항 34

삭제

청구항 35

삭제

청구항 36

삭제

청구항 37

삭제

청구항 38

삭제

청구항 39

삭제

청구항 40

삭제

청구항 41

삭제

청구항 42

삭제

청구항 43

삭제

청구항 44

삭제

청구항 45

삭제

청구항 46

삭제

청구항 47

삭제

청구항 48

삭제

청구항 49

삭제

청구항 50

삭제

청구항 51

삭제

청구항 52

삭제

## 발명의 설명

## 기술 분야

[0001]

본 발명은 취성 재료의 피쳐(feature)를 기계 가공하는 개선된 방법 및 장치에 관한 것이다. 특히, 본 발명은 공통 기판 상에 디바이스의 복제품이 구축되어 있는 전자 디바이스들을 포함하는 가공대상물(workpiece)을 기계 가공하기 위한 개선된 방법 및 장치에 관한 것이다. 더욱 특히 본 발명은 디바이스 싱글레이션(device singulation), 혹은 레이저를 이용한 반도체 웨이퍼의 개별의 디바이스로의 분리에 관한 것이다.

## 배경 기술

[0002]

전자 디바이스는 전형적으로 기판 혹은 가공대상물 상에 동일 디바이스의 다수의 복제품을 작성함으로써 제조된다. 특히, 반도체 디바이스는 웨이퍼라 불리는 기판 상에 제조되며, 이 웨이퍼는 반도체 디바이스를 작성하는 각종 프로세스를 뒷받침할 수 있는 실리콘, 비화갈륨 혹은 사파이어 또는 그 밖의 재료 등과 같은 재료의 얇은 디스크이다. 제조 과정에 있어서의 어떤 지점에서의 이들 디바이스는 후속의 패키징과 사용을 위하여 개별적인 디바이스로 분리될 필요가 있다. 이 개별적인 디바이스로의 분리는 "싱글레이션"이라 불린다. 싱글레이션은, 다이아몬드 코팅된 톱날을 이용해서 기계적으로, 마스킹 및 에칭에 의해 화학적으로, 웨이퍼 혹은 기판에서 레이저 에너지를 지향시킴으로써 광양자적으로, 또는 이들 방법의 조합으로 수행될 수 있다. 싱글레이션은 웨이퍼 혹은 기판을 통해 완전히 절삭함으로써, 또는 웨이퍼 혹은 기판의 하나 이상의 표면 내로 부분적인 절삭 혹은 절삭들을 행하고 나서 해당 웨이퍼 혹은 기판을 개별의 다이스(dice)로 기계적으로 분할함으로써 달성될 수 있다. 웨이퍼 혹은 기판을 통한 완전한 절삭은 통상 "다이싱"(dicing)이라 불리고, 후속의 분할을 위한 준비에 있어서 웨이퍼 혹은 기판을 통한 부분적인 절삭은 통상 "스크라이빙"(scribing)이라 불린다. 일반적으로, 디바이스들은 직사각형이며, 웨이퍼 혹은 기판 상에 격자 패턴으로 놓여, 도 1에 예시된 바와 같이, 우선 하나의 방향(16)으로 이어서 이 제1방향에 대해서  $90^{\circ}$  방향(14)으로 디바이스들 간에 기판을 통해 완전히(다이싱) 혹은 기판을 통해 부분적으로(스크라이빙) 일련의 절삭을 행함으로써 디바이스들을 분리할 수 있게 된다. 도 1을 참조하면, 기판 상의 디바이스의 싱글레이션은 일반적으로, 하나의 방향으로, 예를 들어, 각 디바이스의 행 사이의 X 방향으로 일련의 절삭부를 형성하고 나서 디바이스들의 각 열 사이의 수직인 Y 방향으로 일련의 절삭부를 형성함으로써 웨이퍼 상의 각 디바이스를 다른 디바이스들로부터 분리함으로써 진행된다.

[0003]

디바이스 싱글레이션과 관련된 쟁점은 리얼 에스테이트(real estate), 디바이스 손상, 비용, 복잡성 및 시스템 처리량을 포함한다. 리얼 에스테이트란, 디바이스에 손상 없이 싱글레이션을 허용하기 위하여, 능동 디바이스들을 통한 절삭 없이 절삭을 위한 공간이 만들어질 수 있도록 디바이스들 간에 공간을 남겨두어야만 한다는 사실을 의미한다. 능동 디바이스들 간의 영역은 "스트리트"(street)로서 공지되어 있다. 스트리트(14), (16)는 도 1에서 웨이퍼(10) 상의 능동 디바이스(12)들 사이에 도시되어 있다. 웨이퍼 혹은 기판을 처리하는 비용은 일반적으로 고정되어 있으므로, 기판 당 더 많은 디바이스를 얻는 것이 제조업자에게 더 많은 이득을 부여한다. 이것은, 웨이퍼 혹은 기판 상에 가능한 한 많은 능동 디바이스를 밀어넣기 위하여 스트리트를 가능한 한 좁게 만드는 것을 중요하게 여긴다. 좁은 스트리트에 대향해서 작용하는 인자는 커프(kerf)의 크기 및 절삭부에 이웃한 손상된 영역의 폭을 포함한다. 레이저는 전형적으로 기계식 톱이나 화학적 에칭보다 더 좁은 커프를 절삭할 수 있지만, 레이저는 또한 전형적으로 웨이퍼 혹은 기판을 절삭하는데 요구되는 강력한 양의 에너지에 의해 발생되는 열로 인해 커프에 이웃한 열 영향부(heat affected zone: HAZ)를 형성한다. 이 HAZ는 능동 디바이스 영역에 중첩되도록 허용되어서는 안되거나, 또는 즉시 부분 고장을 일으킬 수 있거나 혹은 그 부분의 이용가능한 수명을 제한할 수도 있다. HAZ는 또한 해당 HAZ 내의 균열이나 침이 디바이스가 이용됨에 따라서 해당 디바이스의 HAZ로부터 능동 디바이스 영역으로 전파되는 것을 방지하는 것으로부터 디바이스 고장을 일으킬 수도 있다.

[0004]

웨이퍼들 혹은 기판들의 레이저 싱글레이션과 관련된 다른 문제점은 커프로부터 제거된 재료의 재침착(res-deposit)이다. 레이저는 전형적으로 기판 혹은 웨이퍼로부터 재료를 제거하여 용발(ablation) 및 열 수단의 둘 모두에 의해 커프를 형성한다. 레이저 빔은 빔의 중앙부 근방에 충돌하는 재료를 용발시키기에 충분한 에너지를 지닐 수 있으며, 이는 재료가 이온화되어 커프를 빠져나감에 따라서 플라즈마 구름(plasma cloud)을 형성하는 것을 의미한다. 기판의 재료는, 빔의 주변에 더욱 가깝거나 빔에 직접 인접하면, 오히려 재료를 기화시키거나 용융시키고 비등시키지만, 재료를 용발시키기에 충분한 에너지를 입수할 수는 없다. 이 경우, 재료는 기화되거나 비등함에 따라서 커프로부터 빠져나가게 된다. 재료가 커프로부터 빠져나가 레이저 빔으로부터 멀리 이동함에 따라서, 이는 냉각되어 커프의 에지 부근에서 파편(debris)으로서 재옹고된다. 이 파편이 디바이스의 능동 회로 영역에 도달하게 되면, 바람직하지 않은 전자 기기 오작동을 일으킬 수 있으며, 따라서 디바이스를 포장하기 전에 제거되어야만 한다.

[0005]

웨이퍼로부터 다이싱하거나 스크라이빙된 반도체 다이의 신뢰성을 예측하는 하나의 수단은, 다이 파괴 강도를 테스트하는 것이다. 이 테스트에 있어서, 반도체 다이는 고장점(point of failure)에 대해서 휘게 된다. 다이 파단 강도의 변동은 반도체 성분 실패를 예측할 수 있고, 따라서, 다이 파단 강도를 향상시키는 웨이퍼 다이싱 혹은 스크라이빙 방법은 또한 성분 신뢰성을 향상시킨다. 다이 파단 강도를 감소시키는 것으로 알려진 것으로는, 기계적 혹은 레이저 절삭에 의해 초래된 절삭부의 에지를 따른 균열 혹은 침을 들 수 있다. 또한, 레이저에 의해 기화되거나 액화된 재료로부터 절삭부의 에지를 따라 재침착된 파편은 회로에 대한 손상을 일으켜 신뢰성을 저감시킬 수 있다.

[0006]

특히, 목적으로 하는 절삭 속도 및 커프 크기와 형상을 제공하는 레이저 파라미터들은, 또 절삭부의 상부 에지에서 HAZ를 일으키고, 또한 절삭부의 에지에서 재침착되는 커프에서 제거된 재료로부터 파편을 생성하는 경향이 있다. 도 2는 커프로부터 재료의 재침착에 의해 초래된 파편 및 열 영향부를 나타내는 레이저에 의해 절삭된 실리콘 웨이퍼의 단면도를 도시하고 있다. 도 2는 다이 접착 필름(die attach film: DAF)(26) 및 상부면(22)과 하부면(24)을 지니는 절삭 웨이퍼(20)의 단면도를 도시하고 있다. 커프(28)의 한쪽면이 도시되어 있다. 또, 재침착된 파편(30) 및 HAZ(32)도 도시되어 있다. HAZ는 다이 파단 강도의 감소를 초래할 수 있고, 재침착된 파편은 디바이스 고장을 초래할 수 있다. 이 싱글레이션을 수행하기 위한 예시적인 레이저 처리 디바이스는 미국 오리건주 97229 포트랜드시에 소재한 일렉트로 싸이언티픽 인더스트리이즈 인코포레이티드(Electro Scientific Industries, Inc.)에서 제작한 ESI 시그니스 레이저 싱글레이션 기계(ESI Cignis Laser Singulation machine)이다. 이 기계는 실리콘과 그 밖의 기판 재료를 싱글레이션하기 위하여 피코초 레이저를 이용한다.

[0007]

기판들 혹은 웨이퍼들의 레이저 싱글레이션에 의한 다른 쟁점은 시스템 처리량의 개선이다. 특히, 보다 높은 절삭 속도를 제공하는 레이저 파라미터들은 또한 더 많은 HAZ 및 재침착된 파편을 생성하여, 바람직하지 못하다. 또, 고속 절삭 속도를 제공하는 레이저 파라미터들은 절삭 부위에서 파편운(debris cloud)을 생성하는 것 또한 알려져 있다. 이 파편운은 레이저 펄스들에 의해 생성된 플라즈와, 레이저 펄스들에 의해 생성되어 가공 대상물로부터 방출되는 기체, 액체 및 고체 파편으로 구성된다. 레이저 펄스들에 의해 생성된 파편운은 후속의 레이저 펄스들로부터 에너지를 흡수할 수 있다는 것이 알려져 있다. 도 3은 예시적인 레이저 기판 절삭 과정에 대한 절삭부의 깊이 대 펄스수를 도시한 그래프이다. 이것은 10나노초 펄스를 지니는 4 와트 Nd:YVO<sub>4</sub> 레이저로 실리콘 가공대상물을 절삭하는 것이 5kHz의 반복률(repetition rate)에서 단일 지점을 목표로 한 것임을 나타낸다. 도 3에서 알 수 있는 바와 같이, 이 예에서, 절삭은 약 10펄스에서 포화 상태로 된다. 이 포화는 제1레이저 펄스들에 의해 생성된 파편운에 의해 초래되는 것으로 여겨진다. 이 방식에서 생성되는 파편운은 레이저 방사선이 가공대상물에 도달하는 것을 차단할 뿐만 아니라 재료의 제거를 방지하여 더욱 플라즈마를 가열하는 레이저 에너지를 흡수한다. 플라즈마가 에너지를 흡수함에 따라서, 가열되어 가공대상물에 대한 그의 근접도로 인해 기계 가공 중인 피쳐의 측벽들을 포함하는 가공대상물의 부분들에 그 가열에너지의 일부를 전송시킨다. 또한, 상기 파편운 내의 증기, 액체 혹은 고체 재료는 해당 파편운으로부터 배출되어 가공대상물 상에 침착될 수 있다. 이 전송된 에너지 및 재료는 균열, 피쳐 측벽의 열화 및 파편 증가를 일으킨다. 게다가, 더 많은 에너지성 펄스들 혹은 더 많은 펄스들이 파편운을 통해 가공대상물로 더 많은 에너지를 전달함으로써 재료를 계속 기계 가공하려는 노력으로 가공대상물로 유도되면, 더 많은 에너지가 파편운 내로 결합되어 균열, 열화 및 파편 문제를 더 악화시킨다. 재료가 인접한 영역으로 열을 전송하는 시간을 갖기 전에 재료를 용발시키는 피코초(picosecond) 혹은 펨토초(femtosecond) 범위의 짧은 지속 기간의 펄스를 이용하는 초고속 과정도 파편운 내로의 에너지의 결합을 피할 수 없다. 이 에너지는 이용되는 재료 및 레이저 파라미터들에 따라서 가공대상물에 결과적으로 손상을 일으킨다.

[0008]

웨이퍼들 혹은 기판들을 다이싱하거나 스크라이빙하는 것과 관련된 쟁점은 이전의 작업의 주제였다. 미국 특허 제6,271,102호(발명의 명칭: METHOD AND SYSTEM FOR DICING WAFERS, AND SEMICONDUCTOR STRUCTURES INCORPORATING THE PRODUCTS THEREOF, 발명자: Donald W. Brouillette, Robert F. Cook, Thomas G. Ference, Wayne J. Howell, Eric G. Liniger 및 Ronald L. Mendelson, 공고일: 2001년 8월 7일)는 다이 파단 강도를 향상시키기 위하여 정면과 이면측의 양쪽 모두로부터 레이저 절삭하기 전에 톱날로 에지들이 면취가공된(chamfered) 상태에서 웨이퍼들을 절삭하는 것을 기재하고 있다. 이 경우, 면취가공된 절삭부는 레이저 혹은 톱으로 직선 절삭부 대신에 형성된다. 미국 특허 제7,129,114호(발명의 명칭: METHODS RELATING TO SINGULATING SEMICONDUCTOR WAFERS AND WAFER SCALE ASSEMBLIES, 발명자: Salman Akram, 공고일: 2006년 10월 31일)는 레이저 절삭부에 이웃하여 트렌치들을 스크라이빙하고 해당 트렌치들을 보호 재료로 코팅함으로써 다이 파단 강도의 문제를 해소하려고 시도하고 있다. 미국 특허 공개공보 제2006/0249480호(발명의 명칭: LASER MACHINING USING AN ACTIVE ASSIST GAS, 발명자: Adrian Boyle, 공개일: 2006년 11월 9일)는 다이 파단 강도를

향상시키기 위하여 보조 가스를 이용해서 절삭부의 에지들의 손상된 부분을 예청 제거하는 것을 개시하고 있다. WIPO 특허 공보 제2008/064863호(발명의 명칭: LASER MACHINING, 발명자: Kali Dunne 및 Fallon O'Briain, 공개일: 2008년 6월 5일)는 과편운을 피하기 위하여 절삭 중인 경로를 따라서 이격된 특정 패턴의 레이저 펄스를 다수의 통과로 이용하는 것을 개시하고 있다.

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

[0009]

이들 문헌에서 공통적인 것은, 레이저 절삭에 의해 초래된 과편 및 다이 파단 강도의 문제를 극복하기 위하여 시도됨으로써 다이싱 혹은 스크라이빙 후의 다이 품질을 향상시키는 것을 요망하고 있다. 이들 방법은 웨이퍼의 상부와 하부 양쪽 모두로부터 행해지는 절삭이 레이저 및 기계적 텁질의 조합에 의해 수행되는 것을 필요로하거나, 또는 화학적 예청 등과 같은 추가의 처리 단계 및 장비를 필요로 하거나, 또는 레이저에 의한 다수의 통과를 필요로 한다. 이어서 필요로 되는 것은, 추가의 처리 단계, 통과 혹은 장비를 필요로 하지 않고 레이저 기계 가공에 의해 초래된 과편 기둥을 피함으로써 과편이 저감되고 다이 파단 강도가 향상된 웨이퍼를 제공하는, 레이저에 의한 웨이퍼를 다이싱하는 효율적인 방식이다.

### 과제의 해결 수단

[0010]

본 발명은 취성 재료를 레이저 기계 가공하는 개선된 방법 및 장치에 관한 것이다. 본 발명의 양상들은 레이저 파라미터들을 지니는 레이저를 제공하는 단계; 제1레이저 파라미터들을 이용하는 상기 레이저에 의해서 가공대 상물에 제1절삭부를 형성하는 단계; 및 이어서 제2레이저 파라미터들을 이용하는 상기 레이저에 의해서 상기 가공대 상물에 제2절삭부를 형성하는 단계를 포함하되, 상기 제2절삭부는 상기 제1레이저 절삭부에 의해 생성되는 과편운을 회피하면서 상기 제1절삭부에 인접하고 있다. 본 발명의 양상들은 이전의 절삭부에 의해 형성된 과편운을 피하기 위하여 레이저가 가공대 상물을 교차하는 지점을 이동하는 단계 및 이어서 제2레이저 파라미터들을 이용하는 레이저에 의해 절삭부를 형성하는 단계를 추가로 포함한다. 본 발명의 양상들은, 처리량 증가, 스트리트 크기의 더욱 저감 및 소모품 비용의 저감을 비롯한, 레이저 처리의 이점을 얻는 한편, 열 영향부 및 과편의 재침착 등과 같은 레이저와 연관된 문제를 제거함으로써 다이 파단 강도를 증가시킨다.

[0011]

본 발명의 실시형태는 기존의 레이저 웨이퍼 싱글레이션 시스템인, 미국 오리건주의 포트랜드시에 소재한 일렉트로 싸이언티픽 인더스트리이즈 인코포레이티드에서 제작된 ESI 시그니스 웨이퍼 싱글레이션 시스템을 적응시킴으로써 구현될 수 있다. 이 시스템은 반도체 웨이퍼들을 다이싱하거나 스크라이빙하기 위하여 피코초 레이저를 이용한다. 작동 시, 웨이퍼는 시스템 상에 고정되고 나서, 레이저가 펄스화되면서 레이저 빔이 이동 스테이지들에 의해 웨이퍼와 관련하여 이동되며, 이에 따라서, 웨이퍼를 싱글레이팅하는 데 필요한 선형 절삭부를 만든다. 이 시스템은, 가능하게는 이용되는 레이저 유형을 비롯하여, 이용되는 레이저 파라미터들을 변경함으로써 본 발명의 양상들을 달성하도록 적합화되어 있다. 또한, 레이저 파라미터들은 절삭부들 간의 레이저 파라미터들을 변화시키기 위하여 프로그램 가능하게 제어될 필요가 있다. 이 시스템은 과편운을 피하면서 이전의 절삭부에 인접하거나 근접하여 후속의 레이저 절삭부를 형성하는 것을 가능하게 하도록 적합화될 필요가 있다. 본 발명의 이 양상에 있어서, 레이저 펄스들은 그 위치를 포화시키는데 요구되는 펄스수에 의해 미리 결정된 한계치까지의 펄스수로 특정 영역을 기계 가공하고 나서, 비포화된 위치에서 계속 기계 가공하기 위하여 과편운으로부터 멀리 떨어진 인접한 위치로 재빨리 이동한다. 포화는 펄스들의 수의 함수로서 과편운에 의해 레이저 에너지의 흡수에 의해 초래된 일련의 레이저 펄스의 기계 가공 효율의 저감을 초래한다.

[0012]

본 발명의 양상들은 기판 혹은 웨이퍼에 레이저 절삭부를 우선 형성함으로써 기판 혹은 웨이퍼들을 싱글레이션한다. 레이저 파라미터들은 목적으로 하는 절삭 속도 및 커프 크기와 형상을 제공하도록 조정된다. 이 레이저 절삭부는 웨이퍼 혹은 기판을 통해서 부분적으로 형성된다. 이 절삭부와 연관된 레이저 파라미터들은 균열 및 재침착된 과편을 최소화하기 위하여 선택된다. 보다 낮은 플루언스 레이저 파라미터(lower fluence laser parameter)는 절삭 시간을 증가시키지만, 이 절삭부는 웨이퍼 혹은 기판을 통해서 단지 부분적이므로, 시스템 처리량에 대한 영향은 크지 않다. 단, 이들 초기의 레이저 절삭부는 원하는 깊이로 절삭부를 형성하기 위하여 레이저 빔의 다수의 통과를 필요로 할 수 있거나, 또는 레이저 빔은 절삭 동안 다양한 지점에서 기판 혹은 웨이퍼 상에 충돌하도록 유도될 수 있다.

[0013]

초기의 절삭 후, 본 발명의 양상들은 웨이퍼 혹은 기판의 표면에서 레이저 플루언스를 증가시키기 위하여 레이저 파라미터들을 조정하고 나서, 이전의 절삭부에 인접하여 웨이퍼 혹은 기판에 관통 절삭부를 기계 가공하기

위하여 레이저 범을 유도시킨다. 레이저 파라미터들은 웨이퍼 혹은 기판에 추가의 손상을 최소화하면서 레이저 범이 웨이퍼로부터 재료를 제거할 수 있도록 조정된다. 그 이유는, 제2절삭부를 형성하는 레이저 펄스들에 의해 생성된 파편운이 이전의 절삭부에 의해 형성된 공간 내로 확대될 여지를 지니기 때문이다. 이와 같이 해서, 파편운은 더욱 신속하게 소산되어, 더 많은 에너지성 펄스로 펄싱하는 증가된 반복률을 허용하며 이는 균열 및 재침착된 파편을 저감시키면서 개선된 처리량을 뒷받침한다. 이것은 다이 파단 강도의 증가와 함께 처리량의 증가를 허용한다. 본 발명의 양상은 또한 절삭부가 웨이퍼 혹은 기판 내로 더 깊어짐에 따라서 제1레이저 파라미터 절삭을 제2파라미터 절삭과 번갈아 행하는 반복 패턴으로 웨이퍼들 혹은 기판들을 처리할 수 있다. 레이저 펄스들은 재료 내로 더욱더 깊은 절삭부를 기계 가공 가능하게 하도록 증가된 깊이로 포커싱된다.

[0014] 본 발명의 양상들에 따라 기판들 혹은 웨이퍼들을 처리하는 이점은 제1절삭 처리가 제2절삭부를 형성하는 동일한 레이저 처리 시스템 상에서 일어날 수 있다는 점이다. 초기 절삭을 행한 ESI 시그니스 레이저 싱글레이션 시스템은, HAZ 혹은 파편을 생성하는 일없이 레이저가 기판 혹은 웨이퍼로부터 재료를 제거할 수 있도록 레이저 처리 범과 연관된 레이저 파라미터들을 변경함으로써 기판 혹은 웨이퍼에 추가의 손상을 일으키는 일없이 절삭부를 형성하도록 적합화되어 있다. 이것은, 훨씬 적은 재료가 단위 시간 당 제거되고 있으므로, 레이저 플루언스가 낮아질 수 있기 때문에 가능하다. 이 시스템은 또한 인접 위치들의 기계 가공을 효율적으로 허용하도록 적합화되어 있다.

[0015] 본 발명의 다른 양상은 특정 레이저 파라미터들을 지니는 다수의 레이저 펄스로 이를 레이저 파라미터들에 의해 그 특정 재료에 대한 포화 한계까지 하나의 위치에 우선 기계 가공함으로써 기판들 혹은 웨이퍼들을 싱글레이션 한다. 레이저 펄스들은 이어서 레이저 처리 시스템에 의해 제1위치 이웃 혹은 부근의 위치로 신속하게 유도되어, 제2레이저 파라미터들을 지니는 다수의 펄스로 제2포화 한계까지 계속해서 기계 가공한다. 본 실시형태는 목적으로 하는 시스템 처리량을 얻기 위하여 가공대상을 상의 목적으로 하는 위치로 레이저 펄스들을 유도시키는 화합물 범 위치결정을 이용한다.

### 발명의 효과

[0016] 본 발명의 이들 양상의 이점은, 기판 혹은 웨이퍼가 별도의 기계 상에서 이동되어 재정렬될 필요가 없거나, 상이한 측면으로부터 레이저 처리를 위하여 플립(flip)되어 기계 내에 도로 놓일 필요가 없거나, 또는 기계가 양측면으로부터 기판들 혹은 웨이퍼들을 처리하도록 설계될 필요도 없다는 점이다. 또한, 본 발명의 양상들에 의하면, 웨이퍼 혹은 기판 상에 추가의 재료 층을 침착시키는 등과 같은 추가의 처리 단계 혹은 화학물질도 필요로 하지 않는다. 이것은 웨이퍼 혹은 기판 내에 단일의 절삭부를 처리하기 위하여 적어도 2회의 통과를 필요로 하지만, 그 통과 횟수는, 다수의 통과에 의존하여 인접한 위치를 스킁하는 접근법들보다 실질적으로 적다. 본 발명의 양상들에 따라서 웨이퍼들 혹은 기판들을 처리하는 것은 다이 파단 강도를 향상시키고, 또한, 추가의 장비, 처리단계 혹은 소모성 공급품을 필요로 하는 일없이 싱글레이션된 디바이스들로부터 재침착된 재료를 제거한다.

### 도면의 간단한 설명

[0017] 도 1은 반도체 웨이퍼를 도시한 도면.

도 2는 웨이퍼 절삭부의 단면도.

도 3은 절삭부 깊이 대 펄스수를 도시한 그래프.

도 4의 (a)는 제1절삭부를 지니는 웨이퍼를 도시한 도면.

도 4의 (b)는 제1 및 제2절삭부를 지니는 웨이퍼를 도시한 도면.

도 5는 절삭부 깊이 대 펄스수를 도시한 그래프.

도 6은 적합화된 레이저 처리 시스템을 도시한 도면.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0018] 본 발명은 기판 혹은 웨이퍼 상에 제작된 전자 디바이스들의 레이저 싱글레이션을 위한 개선된 방법에 관한 것이다. 본 발명의 일 실시형태는 레이저 파라미터들을 지니는 레이저를 갖춘 레이저 처리 시스템을 포함한다. 본 실시형태는 제1세트의 레이저 파라미터들을 이용해서 기판 혹은 웨이퍼에 부분적인 절삭부를 형성하도록 이 레이저를 이용한다. 이들 파라미터는, 허용될 수 없는 HAZ 또는 재침착된 파편을 생성하는 일없이 레이저가 허

용가능한 커프 폭으로 또한 허용가능한 속도로 웨이퍼 혹은 기판에 목적으로 하는 절삭부를 형성할 수 있게 한다. 이어서, 본 실시형태는 제1절삭부에 인접하여 제2세트의 레이저 파라미터들을 이용하는 레이저로 웨이퍼 혹은 기판을 절삭한다. 제1절삭부에 인접하여 제2절삭부를 형성하는 것은, 절삭 중인 기판 혹은 웨이퍼로부터의 파편운을 제1절삭부의 용적 내로 소산시킴으로써, 후속의 레이저 펄스들에 의해서 해당 파편운을 가열하는 것과 연관된 유해한 효과를 저감시킨다. 이 방식으로 기계 가공된 가공대상들은 개선된 다이 파단 강도와 저감된 파편을 나타낸다. 본 실시형태는 증가된 처리량, 보다 적은 스트리트 크기 및 저감된 소모품 비용을 비롯한 레이저 처리의 이점을 얻는 한편, 열 영향부 및 파편의 재침착 등과 같은 레이저와 연관된 문제들을 제거한다.

[0019]

본 발명의 일 실시형태는 제1절삭부에 인접하여 형성된 제2절삭부과 함께 후속의 관통 절삭을 위한 준비에 있어서 기판 혹은 웨이퍼를 통해 부분적으로 레이저 절삭을 행함으로써 기판들 혹은 웨이퍼들을 싱글레이션한다. 도 1을 참조하면, 웨이퍼(10)는 웨이퍼(10)의 표면 상에 제작되어 있는 전자 디바이스(12)들을 지닌다. 이들 전자 디바이스는 수평 스트리트(14)와 수직 스트리트(16)에 의해 분리된다. 스트리트들은 능동 디바이스들에 해를 끼치는 일없이 싱글레이션을 위한 공간을 허용하도록 능동 디바이스들 사이에 남겨진 웨이퍼 혹은 기판의 영역들이다. 기판 상의 디바이스들의 싱글레이션은, 일반적으로, 일 방향, 예를 들어, 디바이스들의 각 행 사이의 X방향(수평 스트리트(14))으로 일련의 절삭부를 형성하고 나서, 디바이스들의 각 열 사이의 수직인 Y방향(수직 스트리트(16))으로 일련의 절삭부를 형성하고, 이에 의해 웨이퍼 상의 각 디바이스를 다른 디바이스들로부터 분리함으로써 진행된다. 레이저 파라미터들은 목적으로 하는 절삭 속도 및 커프 크기와 형상을 제공하도록 조정된다. 이들 초기의 레이저 절삭부는 원하는 깊이로 절삭부를 형성하기 위하여 레이저 빔의 다수의 통과를 필요로 할 수 있거나, 또는 레이저 빔은 절삭 동안 다양한 지점에서 기판 혹은 웨이퍼 상에 충돌하도록 유도될 수 있다.

[0020]

웨이퍼 혹은 기판에 초기 절삭부를 형성하는 단계는 도 4의 (a)에 도시되어 있다. 도 4의 (a)에 있어서, 레이저 빔(42)은 가공대상물(40)로 유도되어, 웨이퍼(40)로부터 재료를 제거하여 초기 절삭부(50)를 형성한다. 레이저 파라미터는 최소의 HAZ 및 파편을 생성하면서 허용가능한 속도로 가공대상물로부터 재료의 제거를 허용하도록 채택된다. 초기 절삭부를 작성하기 위하여 본 발명의 일 실시형태에 의해 이용되는 예시적인 레이저 파라미터는 이하의 표 1에 표시되어 있다.

## 표 1

제1레이저 펄스 파라미터들

레이저 유형	<b>DPSS Nd:YVO<sub>4</sub></b>
파장	<b>355-1064 nm</b>
펄스 지속기간	<b>10 ps - 250 ns</b>
펄스 시간상 형상	가우스/정사각형/맞춤형
레이저 파워	<b>1-14W</b>
반복률	<b>10 KHz - 1 MHz</b>
속도	<b>50 - 2500 mm/s</b>
피치	<b>8 - 12.5 마이크론</b>
스팟 크기	<b>6 - 20 마이크론</b>
스팟 형상	가우스 / 탑 햇 (원형 혹은 정사각형)
초점 높이	<b>0-100 mm</b>

[0021]

[0022]

초기 절삭부에 이어서, 본 발명의 일 실시형태는, 레이저 파라미터들을, 허용가능한 처리량 속도로 관통 절삭부를 레이저 기계 가공하는데 적합한 파라미터로 변경한다. 이 과정은 도 4의 (b)에 도시되어 있다. 도 4의 (b)에 있어서, 가공대상물(40)은 레이저 펄스(52)들에 의해 레이저 가공되어 관통 절삭부(44)를 형성한다. 레이저 펄스(52)들이 관통 절삭부(44)를 기계 가공함에 따라서, 관통 절삭부(44)로부터의 파편운(도시생략)은 이전의 단계에서 형성된 절삭부(50) 내로 현재 기계 가공 중인 용적으로부터 빠져나감으로써, 파편운의 밀도와 용적을 줄여서 레이저 펄스(52)들이 형성 중인 채의 절삭부(44)의 바닥부에 도달하는 것을 차단한다. 가공대상물(40) 상에 관통 절삭부(44)를 형성하는데 이용되는 예시적인 제2레이저 펄스 파라미터들이 이하의 표 2에 부여되어 있다.

## 표 2

제2레이저 펄스 파라미터들

레이저 유형	<b>DPSS Nd:YVO<sub>4</sub></b>
파장	<b>355 - 1064 nm</b>
펄스 지속기간	<b>10 ps - 250 ns</b>
펄스 시간상 형상	가우스/정사각형/맞춤형
레이저 파워	<b>1W - 14W</b>
반복률	<b>10 KHz - 1 MHz</b>
속도	<b>1000 - 4000 mm/s</b>
파치	<b>6 - 20 마이크론</b>
스팟 크기	<b>6 - 20 마이크론</b>
스팟 형상	가우스 /탑 햇(원형 혹은 정사각형)
초점 높이	<b>0-100 mm</b>

[0023]

[0024]

제2레이저 파라미터들은 레이저 펄스가 허용가능한 처리량 속도에서 관통 절삭부를 레이저 기계 가공하는 것을 가능하게 하도록 선택된다. 본 발명의 한가지 실시형태는 가공대상물에서 레이저 펄스 플루언스를 증가시킴으로써 이것을 달성할 수 있다. 레이저 펄스 플루언스는 레이저 펄스 파워를 증가시키거나, 펄스 지속기간을 증가시키거나, 스팟 크기를 감소시키거나, 초점 높이를 변화시키거나, 펄스 반복률을 감소시킴으로써 증가될 수 있다. 그 중에서도 상기 변화들 중 어느 하나 혹은 모두는 가공대상물에서 레이저 플루언스를 증가시켜, 더욱 신속한 재료 제거를 가능하게 할 수 있다. 이것은 HAS 혹은 파편을 증가시키는 일없이, 따라서, 다이 파단 강도를 감소시키는 일없이 가능한데, 그 이유는 제1절삭부가 파편운이 소산되는 것을 허용하여 후속의 펄스들이 가공대상물에 도달하는 것을 차단하는 경향을 저감시키기 때문이다.

[0025]

본 발명의 다른 실시형태는 특정 레이저 파라미터들을 지니는 다수의 레이저 펄스로 이들 레이저 파라미터들에 의해 그 특정 재료에 대한 포화 한계까지 하나의 위치에 우선 기계 가공함으로써 기판들 혹은 웨이퍼들을 성균레이션한다. 레이저 펄스들은 이어서 레이저 처리 시스템에 의해 제1위치 이웃 혹은 부근의 위치로 신속하게 유도되어, 제2레이저 파라미터들을 지니는 다수의 펄스로 제2포화 한계까지 계속해서 기계 가공한다. 본 실시 형태는 목적으로 하는 시스템 처리량을 얻기 위하여 가공대상물 상의 목적으로 하는 위치로 레이저 펄스들을 유도시키는 화합물 빔 위치결정을 이용한다. 도 5a, 도 5b 및 도 5c는 본 발명의 3단계 실시형태를 도시하고 있다. 도 5a에서, 가공대상물(60)은 레이저 펄스(61)들이 충돌하여 제1파쳐(62)를 기계 가공한다. 레이저 펄스들의 수는 이용되는 특정 레이저 파라미터들에 의해 재료의 미리 결정된 포화 한계치 미만이다. 단, 이들 레이저 파라미터는 기계 가공 속도를 증가시키기 위하여 파쳐(62)에 인접한 부분(63)의 가공대상물에 손상을 일으키는 것을 허용할 수도 있다. 도 5b에 도시된 이 과정의 제2단계에서는, 제2레이저 파라미터들을 지니는 레이저

펄스(64)들이 제1피처(62)에 인접한 추가의 피처(66), (67)를 기계 가공하는 포화 한계 미만의 레이저 펄스수로 가공대상물(60)에 충돌한다. 제2레이저 파라미터들은 인접한 영역들에 손상을 초래하는 일없이 재료를 제거하도록 선택된다. 도 5c에 도시된 제3단계에서는, 제3레이저 파라미터들을 지니는 레이저 펄스(68)들이 관통 절삭부(69)의 기계 가공을 완료하기 위하여 레이저로 가공대상물(60)에 충돌한다. 단, 인접한 피처(66), (67)는 레이저 펄스(68)들에 의해 발생된 과편운에 대한 텔리프(relief)를 제공함으로써, 과편운의 소산을 보조하고, 이에 의해서 포화 한계를 증가시킨다.

[0026] 이들 특정 레이저 파라미터는 예시적이다. 레이저 펄스 파라미터들은 절삭 중인 특정 기판 혹은 웨이퍼에 적합하도록 변경될 수 있다. 레이저 유형은 요구되는 파장(예를 들면, 255nm 내지 2 마이크론), 에너지, 펄스 폭(예를 들면, 10ps 내지 100μs), 및 반복률(예를 들면 1kHz 이상, 예컨대 10kHz 내지 1MHz)을 지니는 펄스를 생성하는 능력을 지닌 레이저이면 어느 것이라도 가능할 수 있다. 예를 들어, Nd:YAG, Nd:YVO<sub>4</sub>, Nd:YLF, 및 파이버 레이저는 모두 이러한 예에 이용될 수 있다. 이들 레이저는 비선형 광학 소자들이 레이저(도 7의 (70))에 이용되어 원래의 레이저 펄스들의 2차, 3차 혹은 4차 고조파를 발생하여 레이저 펄스들의 파장을 저감시키는 고조파 발생에 의해 적합화될 수 있다. 또한, 연속파(continuous wave: CW) 레이저는 쪼핑(chopping)하거나 다르게는 CW 빔을 펄스로 정형화하는 레이저 빔 광학계(도 7의 (74))의 이용에 의해 본 용도로 구성될 수 있다. 파장 선택은 절삭 중인 재료에 좌우된다. 펄스 지속기간은 각 펄스의 길이를 측정하고, 기본적으로 가우스 펄스(Gaussian pulse)는 그 펄스의 FWHM(foil width at half maximum) 또는  $1/e^2$  폭을 계산함으로써 측정된다. 긴 지속 기간의 펄스들은 재료를 신속하게 절삭하지만 웨이퍼 내에 과잉의 열 에너지를 결합시킴으로써, 커다란 HAZ들을 유발하고 많은 과편을 생성하는 경향이 있다. 짧은 지속 기간의 펄스들은 이와 관련하여 보다 양호한 경향이 있기는 하지만, 가공 대상물을 절삭하는데 더 긴 시간이 걸려, 매우 값비싼 레이저를 필요로 할 수 있다. 펄스 시간상 분포(Pulse Temporal distribution)는 레이저가 재료와 어떻게 상호작용하는지에 영향을 미칠 수 있다. 전형적인 가우스 분포를 변형시킴으로써, 이 방법에서는, 레이저 펄스로부터의 에너지가 기판 혹은 웨이퍼에 전달된다. 예를 들어, 전기-광 요소들이 레이저 빔의 광로에 놓여 레이저 펄스를 시간적으로 정형화시켜 펄스 상승 시간, 하강 시간에 대한 제어를 제공하고, 가능케는 하나 이상의 "파워 스파이크"를 부가할 수 있으며, 이들 스파이크는 레이저 파워가 증가하는 레이저 펄스의 일부이므로 보다 좁은 스파이크는 펄스의 평균 파워보다 25% 이상 큰 파워를 지님으로써, 펄스를 "맞춤화"한다. 이들 펄스는 또한 쪼핑되거나 혹은 다르게는 레이저 빔 광학계에 의해 변형되어 시간적으로 "정사각형" 펄스를 생성한다. 비가우스 펄스들(non-Gaussian pulses)은 펄스 지속기간이 FWHM 혹은  $1/e^2$ 와는 상이한 측정 방법으로 측정되는 것을 필요로 하며, 예를 들어, 적분 제곱 방법(integral square method)은 제곱된 적분치를 펄스 지속 기간을 계산하도록 제곱된 적분치로 나누는 것을 수반한다. 신속한 상승 시간은 레이저 에너지를 가공대상물에 결합하여, 인접 영역들로 열을 전송하는 열 전달보다 더 빠르게 용발을 발생시킨다. 신속한 상승 시간은 따라서 HAZ를 저감시키는 것을 도울 수 있다.

[0027] 레이저 파워(예를 들면, 일 실시예에서 이용된 0.1 마이크로주울 내지 1.0 밀리주울)는 얼마나 많은 평균 에너지가 절삭을 수행하기 위하여 웨이퍼 혹은 기판에 입력될 수 있는지를 기술한다. 일 실시예에서, 초기 및 관통 절삭부를 형성하는데 사용되는 레이저 파워는 1-14W(와트)의 범위 내에 있을 수 있다. 전형적으로 펄스화된 레이저에 의하면, 평균 파워는, 얼마나 많은 에너지가 단위 시간 당 웨이퍼에 입력되는지를 정확하게 산정하기 위하여, 많은 펄스를 포함하는 시간 기간, 예를 들어, 1초에 걸쳐서 산출된다. 반복률은 주어진 에너지의 펄스가 연속 기반 상에서 레이저에 의해 방출될 수 있는 비율이다. 속도란 레이저가 펄스화됨에 따라서 웨이퍼 혹은 기판에 관하여 레이저 빔이 이동되는 비율을 의미한다. 주어진 레이저 펄스 에너지, 펄스 크기, 및 반복률에 대해서, 웨이퍼 혹은 기판에 관하여 빔이 이동되는 속도는 레이저 펄스에 의해 웨이퍼 혹은 기판에 전달되는 총 선량 혹은 플루언스를 결정하게 된다. 일 실시예에서, 속도는 10 mm/s 내지 10 m/s의 범위 내에 있을 수 있는데, 초기 절삭부를 형성하는데 사용되는 속도는 50-2500 mm/s의 범위 내에 있을 수 있고, 관통 절삭부를 형성하는데 사용되는 속도는 1000-4000 mm/s의 범위 내에 있을 수 있다. 피치는 속도와 유사하며, 웨이퍼 혹은 기판에 전달된 연속적인 펄스들 간의 거리로서 규정된다. 피치는 반복률과 속도의 함수이다. 일 실시예에서, 피치는 0 마이크론 내지 50 마이크론의 범위 내에 있을 수 있는데, 초기 절삭부를 형성하는데 사용되는 피치는 8-12.5 마이크론의 범위 내에 있을 수 있고, 관통 절삭부를 형성하는데 사용되는 피치는 6-20 마이크론의 범위 내에 있을 수 있다. 스팟 크기는 레이저 펄스가 웨이퍼 혹은 기판 상에 충돌할 때의 크기의 측정치이다. 이것은 초점 스팟 크기에 관련되고, 이것은 가공대상물에 빔을 전달하는 광학계의 초점 거리에서 측정된 레이저 빔 허리(laser beam waist)의 최소 직경이다. 스팟 크기는 레이저 빔 초점 거리가 가공대상물의 표면으로부터 얼마나 떨어져 있는지에 따라 초점 스팟 크기와 달라지게 된다. 일 실시예에서, 초기 및 관통 절삭부를 형성하는데

사용되는 스팟 크기는 2 마이크론 이상, 예를 들면 6-20 마이크론의 범위 내에 있을 수 있다. 레이저 빔 초점 거리가 가공대상물의 표면으로부터 이동됨에 따라서, 레이저 빔은 초점이 맞지 않게 되어, 스팟 크기는 보다 커지게 되며, 이에 따라서, 레이저 플루언스를 감소시킨다. 스팟 형상은 레이저 빔의 공간적 형상의 성상이다. 광학 소자들은 레이저 빔의 광로에 놓여 빔이 각종 단면 분포를 취하게 한다. 예를 들어, 레이저 빔을 기본적인 가우스 단면으로부터 "탑 햇"(Top Hat) 분포로 변경시키는데 회절 광학 소자가 사용되는데, 이 탑 햇 분포에서는 레이저 에너지가 가우스 분포에서처럼 에지에서 하락하지 않고 초점 스팟에 걸쳐서 균일하게 분포한다. 당해 업계에 알려진 바와 같이, 레이저 플루언스는 다음의 공식으로 산출될 수 있다:  $\{(파크 파워)\times(펄스 폭)\}/(스팟 크기)$ . 일 실시예에서, 레이저 플루언스는 0.1 마이크로주울/cm<sup>2</sup> 내지 200 주울/cm<sup>2</sup>의 범위 내에 있을 수 있다. 또한 당해 업계에 잘 알려진 바와 같이, 파크 파워는 다음의 공식으로 산출될 수 있다:  $(레이저 파워)/\{(반복률)\times(펄스 폭)\}$ . 스팟 형상은 또 비대칭일 수 있다. 비대칭 스팟 형상의 일례는 타원형 스팟이며, 여기에서, 레이저 빔 광로 중에 있는 광학 소자는 레이저 빔이 타원형 단면을 취하도록 하는데, 이때 하나의 축은 다른 것보다 크다. 스팟은 또한 레이저 빔 광학계에 의해 구경이 조절되어, 초점 스팟이 예를 들어 원형 혹은 정사각형 단면 취하게끔 한다. 초점 높이는 초점 거리와 가공대상물의 표면 간의 거리의 척도이다. 레이저 스팟은 초점 높이가 제로와는 다르게 됨에 따라서 초점을 이탈하게 되므로, 주어진 세트의 레이저 광학계에 대해서, 초점 높이는 가공대상물 상의 스팟 크기를 결정할 것이다. 일 실시예에서, 초점 높이는 -10mm 내지 +100mm의 범위 내에 있을 수 있다.

[0028]

도 6은 본 발명의 일 실시형태를 이용하여 가공대상물을 레이저로 기계 가공한 결과를 나타낸 그레프이다. 도 6은 1단계 과정(다이아몬드 형상)과 2단계 과정(정사각형)에 대한 절삭부 깊이(마이크론) 대 펄스수를 그래프화하고 있다. 이 그래프로부터 알 수 있는 바와 같이, 부분 피쳐를 절삭하고 나서 제1절삭부에 인접한 제2절삭부를 형성하는 것은, 레이저 펄스가 제1절삭부를 형성하는 일없이 가능한 것보다 큰 속도로 재료를 제거할 수 있게 한다. 이것은 가공대상물로 유도되고 있는 10개의 펄스 전에 포화하는 절삭부의 단일 절삭 깊이에 의해 표시되는 한편, 절삭부의 2-절삭 깊이는 12개의 펄스를 넘어서 여전히 증가하고 있다. 이것은 절삭의 효율이 증가하고 이에 따라서 레이저 가공에 의해 형성된 과편과 HAZ의 양을 감소시키는 것을 나타낸다.

[0029]

도 7은 본 응용을 위해 적합화된 레이저 처리 시스템의 다이어그램을 도시하고 있다. 레이저(70)는 레이저 펄스(72)들을 발하고, 이들은 레이저 빔 광학계(74)에 의해 정형화되고 나서 빔 조향 광학계(beam steering optics)(76) 및 필드 광학계(field optics)(77)에 의해 가공대상물(78)로 유도된다. 가공대상물(78)은 이동 스테이지들(80) 상에 고정되어 있다. 레이저(70), 레이저 빔 광학계(74), 빔 조향 광학계(76), 필드 광학계(77) 및 이동 스테이지들(80)은 모두 제어기(82)에 의해 제어된다. 레이저(70)는 본 명세서에서 논의된 레이저들의 유형들 중 임의의 하나일 수 있다. 레이저(70)는 연속파(continuous wave: CW) 레이저 혹은 펄스형상 레이저일 수 있다. CW 레이저의 경우에, 레이저 빔 광학계(74)는 목적으로 하는 펄스 지속기간 및 반복률을 지니는 펄스로 CW 레이저를 효율적으로 측정하는 셔터 기능을 부가하도록 구성되어 있다. 레이저 빔 광학계(74)는 레이저 펄스들을 정확한 크기와 형상으로 시준하고 포커싱하여 임의선택적으로 편광자, 전기-광학 변조기 혹은 음향 광학 변조기 등과 같은 전기-광 요소들을 이용해서 펄스들을 시간적으로 정형화하는 역할을 한다. 레이저 빔 광학계(74)는 또한 반사된 레이저 에너지가 레이저(70)로 도로 전달됨으로써 레이저 능력을 파괴시키는 것을 방지하는 편광기반 빔 차단기를 포함할 수 있다. 빔 조향 광학계(76)는 레이저 펄스들을 가공대상물 상의 점들로 프로그램 가능하게 유도하는 전기-광 요소들일 수 있다. 예시적인 빔 조향 요소들로는 갈바노미터(galvanometer)들, 암전 디바이스들, 고속 조향 미러들 또는 전기 혹은 음향 광학 변조기들을 들 수 있다. 빔 조향 광학계(76)는 또한 줌 광학계 포커스 높이 조절부를 포함할 수 있다. 필드 광학계(77)는 전형적으로 가공 대상물(78)에 대해서 레이저 펄스(72)들의 실질적으로 수직인 배향을 유지하면서 가공대상물(78) 상의 각종 지점에 레이저 펄스(72)들을 유도할 수 있는 필드 렌즈(field lens)를 포함한다. 필드 광학계(77)는 또한 레이저 펄스(72)들을 공간적으로 정형화할 수 있는 조리개 및 부속 광학계를 포함한다. 제어기(82)는 가공대상물(78)에 관하여 레이저 펄스(72)들을 위치시키기 위하여 이동 스테이지들(80)과 빔 조향 광학계(76)를 인도한다. 단, 본 발명의 실시형태는 상대 위치의 변경을 달성하기 위하여 레이저 펄스(72) 혹은 가공대상물(78)을 이동 시킬 수 있다.

[0030]

본 실시형태는 또한 시스템 처리량을 증가시키기 위하여 화합물 빔 위치결정을 이용한다. 이것은, 이동 스테이지들(80)이 가공대상물을 레이저 펄스(72)들에 대해서 이동시키는 한편 빔 조향 광학계(76)가 이동 스테이지들(80)의 이동을 보상하여 레이저 펄스(72)들에 대해서 그 위치가 이동함에 따라서도 레이저 펄스(72)가 단일 위치에서 가공대상물(78)에 충돌할 수 있도록, 이동 스테이지들(80)을 빔 조향 광학계(76)와 조화를 이루게 함으로써 처리량을 증가시킨다.

[0031]

본 명세서에서는 본 발명의 주제를 개시하고 있지만, 본 발명의 많은 수정, 치환 및 변형이 교시내용을 감안하여 가능한 것은 명백할 것이다. 따라서, 본 발명은 구체적으로 기재된 것 이외에도 실시될 수 있고, 이하의 특허청구범위에 의해서만 그 폭과 범위가 제한되어야 한다는 것이 이해될 것이다.

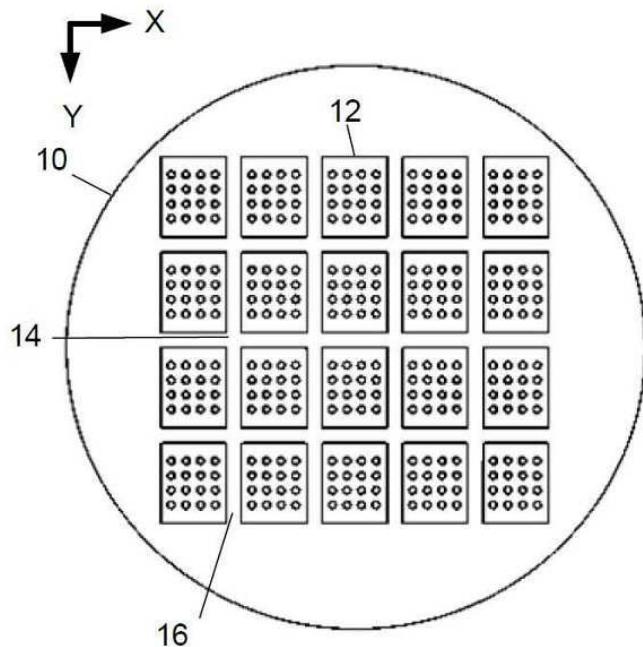
### 부호의 설명

[0032]

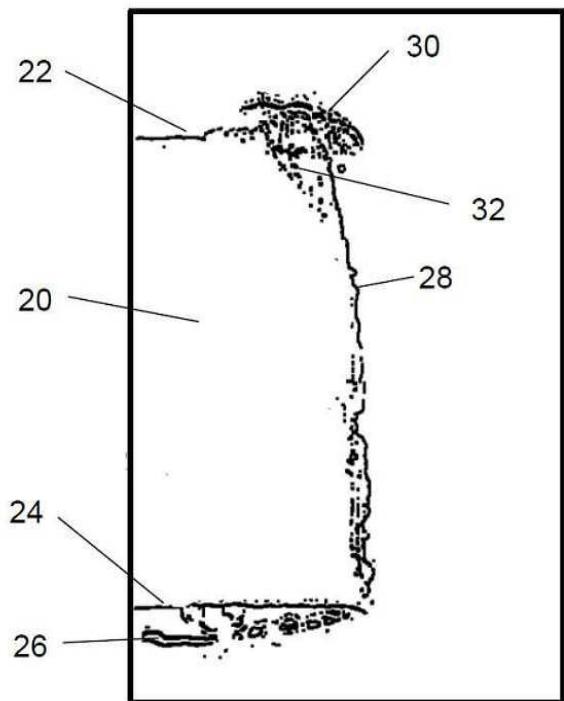
10, 20 : 웨이퍼	12 : 능동 디바이스
14, 16 : 스트리트	22 : 상부면
24 : 하부면	26 : 다이 접착 필름
28 : 커프	30 : 절삭 재침착된 파편
32 : HAZ	40, 60, 78 : 가공 대상물
42 : 레이저 빔	44, 69 : 관통 절삭부
50 : 절삭부	52, 61, 64, 68, 72 : 레이저 펄스
62 : 제1피쳐	63 : 피쳐(62)에 인접한 부분
66, 67 : 제1피쳐(62)에 인접한 추가의 피쳐	
70 : 레이저	74 : 레이저 빔 광학계
76 : 빔 조향 광학계	77 : 필드 광학계
80 : 이동 스테이지	82 : 제어기

### 도면

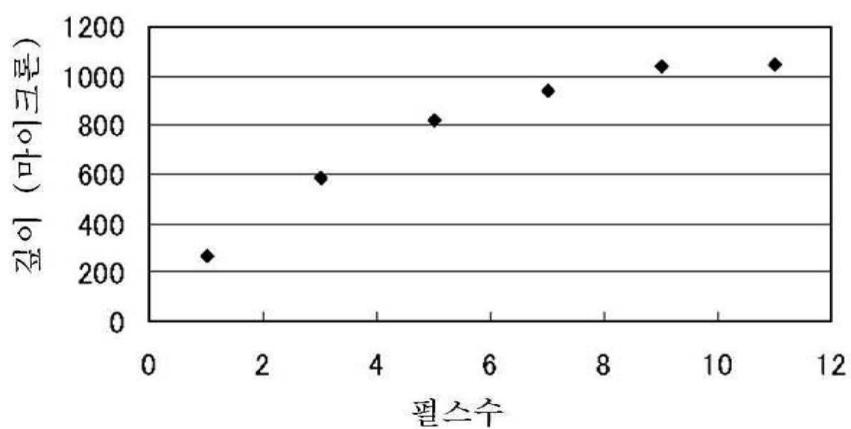
#### 도면1



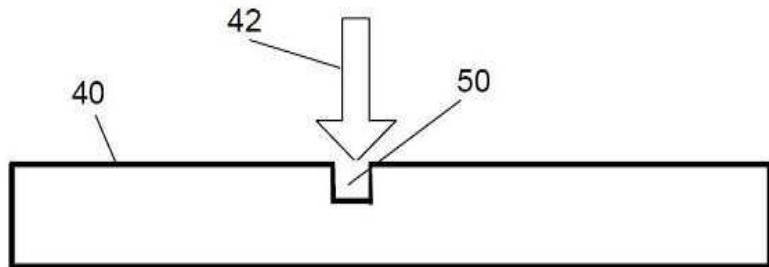
도면2



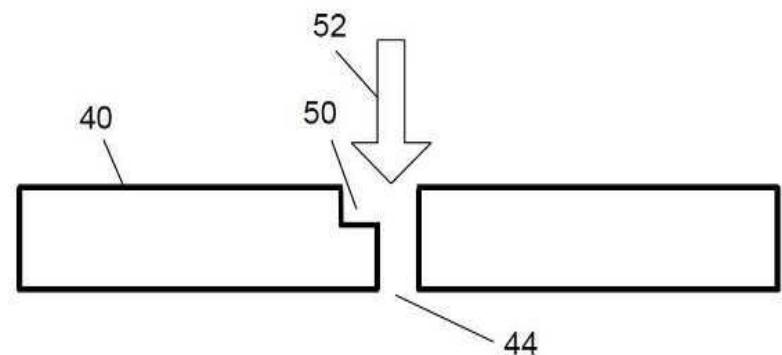
도면3



도면4

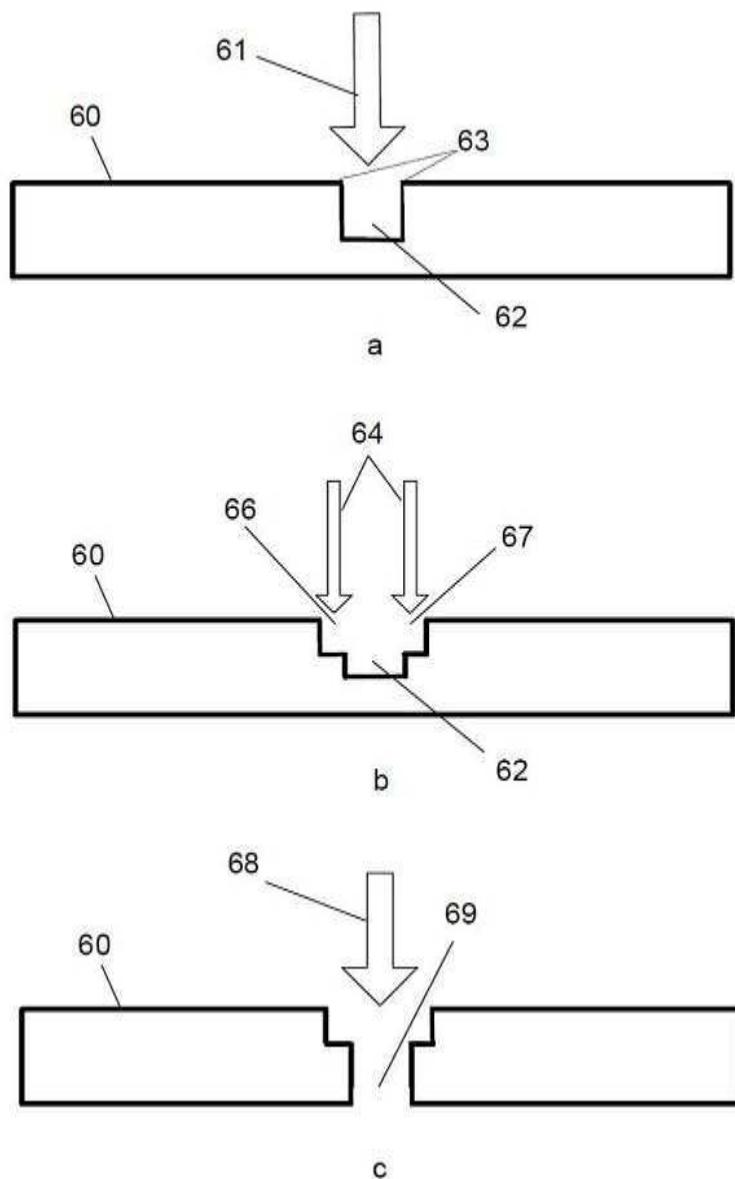


a

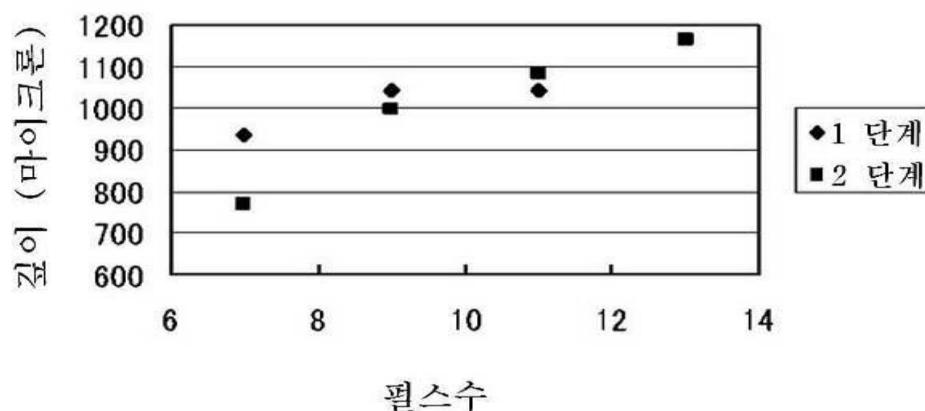


b

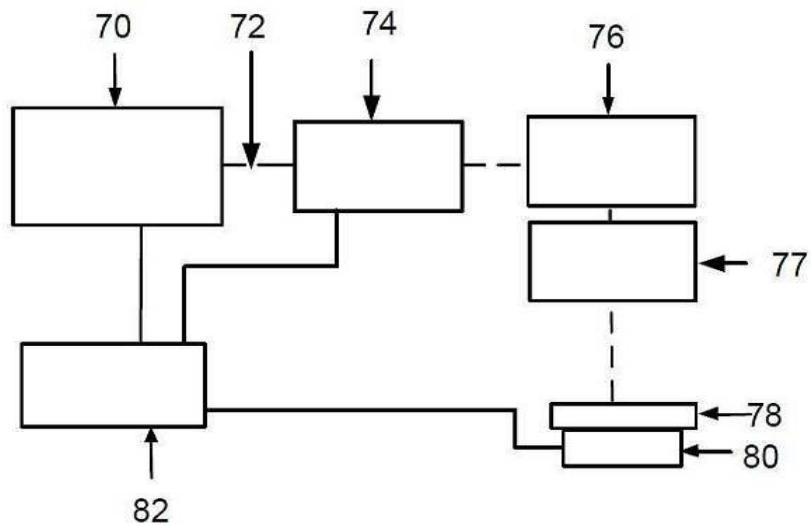
## 도면5



## 도면6



도면7



【심사관 직권보정사항】

【직권보정 1】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 청구항 11

【변경전】

제2레이저 절삭 프로세스

【변경후】

제2절삭 프로세스