(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2018년06월26일
(11) 등록번호 10-1871557
(24) 등록일자 2018년06월20일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B23K 26/38 (2014.01) *B23K 26/08* (2014.01)
B23K 26/40 (2014.01)
(52) CPC특허분류
B23K 26/38 (2013.01)
B23K 26/08 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2015-7013827(분할)
(22) 출원일자(국제) 2001년09월13일
심사청구일자 2015년06월25일
(85) 번역문제출일자 2015년05월26일
(65) 공개번호 10-2015-0065917
(43) 공개일자 2015년06월15일
(62) 원출원 특허 10-2014-7031721
원출원일자(국제) 2001년09월13일
심사청구일자 2014년11월12일
(86) 국제출원번호 PCT/JP2001/007954
(87) 국제공개번호 WO 2002/22301
국제공개일자 2002년03월21일
(30) 우선권주장
JP-P-2000-278306 2000년09월13일 일본(JP)
(56) 선행기술조사문헌
JP3024990 B2*
JP2000216114 A*
KR100174773 B1*
JP04111800 A
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
하마마츠 포토닉스 가부시키가이샤
일본국 시주오카켄 하마마츠시 히가시쿠 이치노초 1126-1
(72) 발명자
후쿠요 후미츠구
일본국 시주오카켄 하마마츠시 히가시쿠 이치노초 1126-1 하마마츠 포토닉스 가부시키가이샤 내
후쿠미츠 겐시
일본국 시주오카켄 하마마츠시 히가시쿠 이치노초 1126-1 하마마츠 포토닉스 가부시키가이샤 내
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
특허법인태평양

전체 청구항 수 : 총 4 항 심사관 : 우귀애

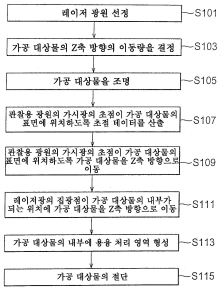
(54) 발명의 명칭 **절단방법, 가공대상물 절단방법 및 광투과성재료 절단방법**

(57) 요 약

본 발명은 가공 대상물의 표면에 용융이나 절단 예정 라인으로부터 벗어난 갈라짐이 생기지 않고 가공 대상물을 절단할 수 있는 절단방법, 가공대상물 절단방법 및 광투과성 재료 절단방법을 제공한다. 다광자 흡수를 일으키게 하는 조건으로 또한 가공 대상물(1)의 내부에 집광점(P)을 맞추어, 펄스 레이저 광(L)을 가공 대상물(1)의 표

(뒷면에 계속)

대 표 도 - 도15



면(3)의 절단 예정 라인(5)에 조사하고 있다. 집광점(P)을 절단 예정 라인(5)에 따라 이동시킴으로써, 개질 영역을 절단 예정 라인(5)에 따르도록 가공 대상물(1)의 내부에 형성하고 있다. 개질 영역을 기점으로 하여 절단 예정 라인(5)에 따라 가공 대상물(1)을 나눔으로써, 비교적 작은 힘으로 가공 대상물(1)을 절단할 수 있다. 이레이저 광(L)의 조사에 있어서, 가공 대상물(1)의 표면(3)에서는 펄스 레이저 광(L)이 거의 흡수되지 않기 때문에, 개질 영역 형성이 원인이 되어 표면(3)이 용융하지 않는다.

(52) CPC특허분류
B23K 26/40 (2013.01)
B23K 2203/50 (2015.10)
(72) 발명자
우치야마 나오키
일본국 시주오카켄 하마마츠시 히가시쿠 이치노초 1126-1 하마마츠 포토닉스 가부시키가이샤 내
와쿠다 도시미츠
일본국 시주오카켄 하마마츠시 히가시쿠 이치노초 1126-1 하마마츠 포토닉스 가부시키가이샤 내

명 세 서

청구범위

청구항 1

광투과성 재료의 내부에 집광점을 맞추어 레이저 광을 집광하여 조사하고, 상기 광투과성 재료의 절단 패턴을 따라서 레이저 광의 집광점을 이동시키며, 상기 광투과성 재료의 표면 및 이면에 손상을 주지 않고 상기 광투과성 재료의 내부에만 상기 절단 패턴을 따라서 개질부를 형성하고, 상기 개질부를 따라서 상기 광투과성 재료를 절단하며,

상기 절단 패턴은, 상기 레이저 광의 광축 방향을 Z축 방향으로 했을 때에, 상기 Z축 방향과 직교하는 X축 방향과, 상기 X축 방향 및 상기 Z축 방향에 직교하는 Y축 방향을 따라서 형성되어 있고,

상기 절단 패턴을 따라서 상기 개질부를 형성한 후에, 상기 광투과성 재료에 물리적 외력 인가에 의해 광투과성 재료의 내부에만 형성된 상기 개질부로부터 균열을 표면 및 이면에 도달시켜 상기 광투과성 재료를 절단하는 공정을 구비하며,

상기 광투과성 재료를 절단하는 공정은, 상기 광투과성 재료를 유지하는 탄성을 가지는 수지제의 웨이퍼 시트를 매개로 하여 상기 광투과성 재료에 응력을 인가하는 것을 특징으로 하는 절단 방법.

청구항 2

광투과성 재료의 내부에 집광점을 맞추어 레이저 광을 집광하여 조사하고, 상기 광투과성 재료의 절단 패턴을 따라서 레이저 광의 집광점을 이동시키며, 상기 광투과성 재료의 표면 및 이면에 손상을 주지 않고 상기 광투과성 재료의 내부에만 상기 절단 패턴을 따라서 개질부를 형성하고, 상기 개질부를 따라서 상기 광투과성 재료를 절단하며,

상기 광투과성 재료는 반도체 웨이퍼 또는 압전 소자 웨이퍼이며, 상기 반도체 웨이퍼 혹은 압전 소자 웨이퍼의 표면에는 절단 분리되는 다수개의 디바이스 칩을 포함하고, 각 칩은 각각 회로부를 구비하고 있으며,

상기 절단 패턴은 인접하는 회로부의 사이에 형성된 간극에 레이저 광이 조사되도록 설정되어 있고, 상기 절단 패턴을 따라서, 상기 반도체 웨이퍼 혹은 압전 소자 웨이퍼의 내부에만 상기 개질부를 형성하고,

상기 절단 패턴을 따라서 상기 개질부를 형성한 후에, 상기 반도체 웨이퍼 혹은 압전 소자 웨이퍼에 물리적 외력 인가에 의해 상기 반도체 웨이퍼 혹은 압전 소자 웨이퍼의 내부에만 형성된 상기 개질부로부터 균열을 표면 및 이면에 도달시켜 복수의 상기 디바이스 칩으로 절단하는 공정을 구비하며,

상기 디바이스 칩으로 절단하는 공정은, 상기 반도체 웨이퍼 혹은 압전 소자 웨이퍼를 유지하는 탄성을 가지는 수지제의 웨이퍼 시트를 매개로 하여 상기 광투과성 재료에 응력을 인가하는 것을 특징으로 하는 절단 방법.

청구항 3

청구항 1에 있어서,

상기 절단 패턴을 따라서 개개의 칩으로 절단하는 공정을 구비하는 것을 특징으로 하는 절단 방법.

청구항 4

삭제

청구항 5

삭제

청구항 6

삭제

청구항 7

삭제

청구항 8

삭제

청구항 9

삭제

청구항 10

청구항 2에 있어서,

상기 레이저 광은 탄성을 가지는 수지제의 상기 웨이퍼 시트에 유지된 상태의 상기 광투과성 재료에 조사되는 것을 특징으로 하는 절단 방법.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은, 반도체 재료기판, 압전 재료기판이나 유리기판 등의 가공 대상물의 절단에 사용되는 절단방법, 가공 대상물 절단방법 및 광투과성재료의 절단방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 레이저 응용의 하나로 절단이 있고, 레이저에 의한 일반적인 절단은 다음과 같다. 예를 들면 반도체 웨이퍼나 유리기판과 같은 가공 대상물을 절단하는 개소에, 가공 대상물이 흡수하는 파장의 레이저 광을 조사하여, 레이저 광의 흡수에 의해 절단하는 개소에서 가공 대상물의 표면으로부터 이면을 향하여 가열 용융을 진행시켜서 가공 대상물을 절단한다. 그러나, 이 방법에서는 가공 대상물의 표면 중 절단하는 개소가 되는 영역 주변도 용융된다. 따라서, 가공 대상물이 반도체 웨이퍼의 경우, 반도체 웨이퍼의 표면에 형성된 반도체 소자 중, 상기 영역 부근에 위치하는 반도체 소자가 용융할 우려가 있다.

[0003] 가공 대상물 표면의 용융을 방지하는 방법으로서, 예를 들면, 일본 특개 2000-219528호 공보나 일본 특개 2000-15467호 공보에 개시된 레이저에 의한 절단방법이 있다. 이 공보의 절단방법에서는 가공 대상물이 절단되는 개소를 레이저 광에 의해 가열하고, 그리고 가공 대상물을 냉각함으로써, 가공 대상물이 절단되는 개소에 열 충격을 발생시켜서 가공 대상물을 절단한다.

[0004] 그러나, 이들의 공보의 절단방법에서는 가공 대상물에 생기는 열 충격이 크면, 가공 대상물의 표면에 절단 예정 라인으로부터 벗어난 균열이나 레이저 조사하지 않은 이전의 개소까지 갈라지게 되는 등의 불필요한 균열이 발생하는 것이 있다. 따라서, 이 절단방법에서는 정밀한 절단을 할 수 없다. 특히, 가공 대상물이 반도체 웨이퍼, 액정표시장치가 형성된 유리기판이나 전극 패턴이 형성된 유리기판의 경우, 이 불필요한 균열에 의해 반도체 칩, 액정표시장치나 전극 패턴이 손상되는 경우가 있다. 또한, 이들의 절단방법에서는 평균 입력 에너지가 크기 때문에, 반도체 칩 등에 주는 열적 손상도 크다.

선행기술문헌

특허문헌

[0005] (특허문헌 0001) 특허문헌 1 : 일본 공개특허공보 제2000-219528호 공보

(특허문헌 0002) 특허문헌 2 : 일본 공개특허공보 제2000-15467호 공보

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 본 발명의 목적은, 가공 대상물의 표면에 불필요한 균열을 발생시키지 않고 또한 그 표면이 용융하지 않는 절단방법, 가공대상물 절단방법 및 광투과성재료 절단방법을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0007] (1) 본 발명에 관계되는 레이저 가공방법은, 가공 대상물의 내부에 집광점을 맞추어 레이저 광을 조사하여, 가공 대상물의 절단 예정 라인에 따라 가공 대상물의 내부에 다광자(multiple photon) 흡수에 의한 개질 영역(modified area)을 형성하는 공정을 구비하는 것을 특징으로 한다.

[0008] 본 발명에 관계되는 레이저 가공방법에 의하면, 가공 대상물의 내부에 집광점을 맞추어 레이저 광을 조사하고 또한 다광자 흡수라는 현상을 이용함으로써, 가공 대상물의 내부에 개질 영역을 형성하고 있다. 가공 대상물을 절단하는 개소에 어떠한 기점이 있으면, 가공 대상물을 비교적 작은 힘으로 분할하여 절단할 수 있다. 본 발명에 관계되는 레이저 가공방법에 의하면, 개질 영역을 기점으로 하여 절단 예정 라인에 따라 가공 대상물이 갈라지게 되는 것에 의해, 가공 대상물을 절단할 수 있다. 따라서, 비교적 작은 힘으로 가공 대상물을 절단할 수 있기 때문에, 가공 대상물의 표면에 절단 예정 라인으로부터 벗어난 불필요한 균열을 발생시키지 않고 가공 대상물의 절단이 가능해진다.

[0009] 또한, 본 발명에 관계되는 레이저 가공방법에 의하면, 가공 대상물의 내부에 국소적으로 다광자 흡수를 발생시켜서 개질 영역을 형성하고 있다. 따라서, 가공 대상물의 표면에서는 레이저 광이 거의 흡수되지 않기 때문에, 가공 대상물의 표면이 용융하지 않는다. 또, 집광점은 레이저 광이 집광한 개소이다. 절단 예정 라인은 가공 대상물의 표면이나 내부에 실제로 그어진 선이어도 좋고, 가상의 선이어도 좋다. 이상 설명한 (1)은, 나중에 설명하는 (2) 내지 (6)에도 해당하는 것이다.

[0010] 본 발명에 관계되는 레이저 가공방법은, 가공 대상물의 내부에 집광점을 맞추어, 집광점에서의 피크 파워 밀도가 1×10^{8}(W/㎠) 이상이고 또한 펄스폭이 1㎲ 이하인 조건으로 레이저 광을 조사하여, 가공 대상물의 절단 예정 라인에 따라 가공 대상물의 내부에 크랙 영역을 포함하는 개질 영역을 형성하는 공정을 구비하는 것을 특징으로 한다.

[0011] 본 발명에 관계되는 레이저 가공방법에 의하면, 가공 대상물의 내부에 집광점을 맞추어, 집광점에서의 피크 파워 밀도가 1×10^{8}(W/㎠) 이상이고 또한 펄스폭이 1㎲ 이하인 조건으로 레이저 광을 조사하고 있다. 이 때문에, 가공 대상물의 내부에서는 다광자 흡수에 의한 광학적 손상이라는 현상이 발생한다. 이 광학적 손상에 의해 가공 대상물의 내부에 열 일그러짐이 유발되고, 그에 따라 가공 대상물의 내부에 크랙(crack) 영역이 형성된다. 이 크랙 영역은 상기 개질 영역의 일례이기 때문에, 본 발명에 관계되는 레이저 가공방법에 의하면, 가공 대상물의 표면에 용융이나 절단 예정 라인으로부터 벗어난 불필요한 균열을 발생시키지 않고, 레이저 가공이 가능해진다. 이 레이저 가공방법의 가공 대상물로서는 예를 들면, 유리를 포함하는 부재가 있다. 또, 피크 파워 밀도는 펄스 레이저 광의 집광점의 전계 강도를 의미한다.

[0012] 본 발명에 관계되는 레이저 가공 방법은, 가공 대상물의 내부에 집광점을 맞추어, 집광점에서의 피크 파워 밀도가 1×10^{8}(W/㎠) 이상이고 또한 펄스폭이 1㎲ 이하인 조건으로 레이저 광을 조사하여, 가공 대상물의 절단 예정 라인에 따라 가공 대상물의 내부에 용융 처리 영역을 포함하는 개질 영역을 형성하는 공정을 구비하는 것을 특징으로 한다.

[0013] 본 발명에 관계되는 레이저 가공방법에 의하면, 가공 대상물의 내부에 집광점을 맞추어, 집광점에서의 피크 파워 밀도가 1×10^{8}(W/㎠) 이상이고 또한 펄스폭이 1㎲ 이하인 조건으로 레이저 광을 조사하고 있다. 따라서, 가공 대상물의 내부는 다광자 흡수에 의해서 국소적으로 가열된다. 이 가열에 의해 가공 대상물의 내부에 용융 처리 영역이 형성된다. 이 용융 처리 영역은 상기 개질 영역의 일례이기 때문에, 본 발명에 관계되는 레이저 가공방법에 의하면, 가공 대상물의 표면에 용융이나 절단 예정 라인으로부터 벗어난 불필요한 균열을 발생시키지 않고, 레이저 가공이 가능해진다. 이 레이저 가공방법의 가공 대상물로서는 예를 들면, 반도체 재료를 포함하는 부재가 있다.

[0014] 본 발명에 관계되는 레이저 가공방법은, 가공 대상물의 내부에 집광점을 맞추어, 집광점에서의 피크 파워 밀도가 1×10^{8}(W/㎠) 이상이고 또한 펄스폭이 1ns 이하인 조건으로 레이저 광을 조사하여, 가공 대상물의 절단 예정

라인에 따라 가공 대상물의 내부에 굴절율이 변화된 영역인 굴절율 변화 영역을 포함하는 개질 영역을 형성하는 공정을 구비하는 것을 특징으로 한다.

[0015] 본 발명에 관계되는 레이저 가공방법에 의하면, 가공 대상물의 내부에 집광점을 맞추어, 집광점에서의 피크 파워 밀도가 1×10^{8}(W/㎠) 이상이고 또한 펄스폭이 1ns 이하인 조건으로 레이저 광을 조사하고 있다. 본 발명과 같이 펄스폭을 지극히 짧게 하여, 다광자 흡수를 가공 대상물의 내부에 일으키면, 다광자 흡수에 의한 에너지가 열 에너지로 전화(轉化)되지 않고, 가공 대상물의 내부에는 이온 가수(價數) 변화, 결정화 또는 분극(分極) 배향 등의 영속적인 구조 변화가 유발되어 굴절율 변화 영역이 형성된다. 이 굴절율 변화 영역은 상기 개질 영역의 일례이기 때문에, 본 발명에 관계되는 레이저 가공방법에 의하면, 가공 대상물의 표면에 용융이나 절단 예정 라인으로부터 벗어난 불필요한 균열을 발생시키지 않고, 레이저 가공이 가능해진다. 이 레이저 가공방법의 가공 대상물로서는 예를 들면, 유리를 포함하는 부재가 있다.

[0016] 상기 본 발명에 관계되는 레이저 가공방법에 적용할 수 있는 예는 이하와 같다. 레이저 광원으로부터 출사되는 레이저 광은, 펄스 레이저 광을 포함하도록 할 수 있다. 펄스 레이저 광에 의하면 레이저의 에너지를 공간적으로 또한 시간적으로 집중시킬 수 있기 때문에, 레이저 광원이 하나이어도, 레이저 광의 집광점의 전계 강도(피크 파워 밀도)를 다광자 흡수의 발생이 가능한 크기로 할 수 있다.

[0017] 가공 대상물의 내부에 집광점을 맞추어 레이저 광을 조사하는 것은, 하나의 레이저 광원으로부터 출사된 레이저 광을 집광하여 가공 대상물의 내부에 집광점을 맞추어 레이저 광을 조사하는 것을 예시할 수 있다. 그에 따르면 레이저 광을 집광하고 있기 때문에, 레이저 광원이 하나이어도 레이저 광의 집광점의 전계 강도를 다광자 흡수의 발생이 가능한 크기로 할 수 있다.

[0018] 가공 대상물의 내부에 집광점을 맞추어 레이저 광을 조사하는 것은, 복수의 레이저 광원으로부터 출사된 각 레이저 광을 가공 대상물의 내부에 집광점을 맞추어 다른 방향으로부터 조사하는 것을 예시할 수 있다. 그에 따르면, 복수의 레이저 광원을 사용하고 있기 때문에, 레이저 광의 집광점의 전계 강도를 다광자 흡수의 발생이 가능한 크기로 할 수 있다. 따라서, 펄스 레이저 광에 비교하여 순간적인 파워가 작은 연속파 레이저 광이어도 개질 영역의 형성이 가능해진다. 복수의 레이저 광원으로부터 출사된 각 레이저 광은, 가공 대상물의 표면으로부터 입사하여도 좋다. 또한, 복수의 레이저 광원은, 가공 대상물의 표면으로부터 입사하는 레이저 광을 출사하는 레이저 광원과, 가공 대상물의 이면으로부터 입사하는 레이저 광을 출사하는 레이저 광원을 포함하도록 하여도 좋다. 복수의 레이저 광원은, 절단 예정 라인에 따라 레이저 광원이 어레이형으로 배치된 광원부를 포함하도록 하여도 좋다. 그에 따르면, 절단 예정 라인에 따라 복수의 집광점을 동시에 형성할 수 있기 때문에, 가공 속도를 향상시킬 수 있다.

[0019] 개질 영역은, 가공 대상물의 내부에 맞춘 레이저 광의 집광점에 대하여, 가공 대상물을 상대적으로 이동시킴으로써 형성된다. 그에 따르면, 상기 상대적 이동에 의해, 가공 대상물의 표면상의 절단 예정 라인에 따라 가공 대상물의 내부에 개질 영역을 형성하고 있다.

[0020] 개질 영역을 형성하는 공정 후, 절단 예정 라인에 따라 가공 대상물을 절단하는 절단 공정을 구비하도록 하여도 좋다. 개질 영역 형성 공정에 있어서 가공 대상물을 절단할 수 없는 경우, 이 절단 공정에 의해 가공 대상물을 절단한다. 절단 공정은, 개질 영역을 기점으로 하여 가공 대상물을 분할하기 때문에, 비교적 작은 힘으로 가공 대상물을 절단할 수 있다. 그에 따라, 가공 대상물의 표면에 절단 예정 라인으로부터 벗어난 불필요한 균열을 발생시키지 않고 가공 대상물의 절단이 가능해진다.

[0021] 가공 대상물로서, 유리, 압전 재료 및 반도체 재료를 포함하는 부재가 예시된다. 또한, 가공 대상물로서는 조사된 레이저 광의 투과성을 갖는 부재가 있다. 또한, 이 레이저 가공방법은, 표면에 전자 디바이스 또는 전극 패턴이 형성되어 있는 가공 대상물에 적용할 수 있다. 전자 디바이스는 반도체 소자, 액정 등의 표시장치, 압전 소자 등을 의미한다.

[0022] 본 발명에 관계되는 레이저 가공방법은, 반도체 재료의 내부에 집광점을 맞추어, 집광점에서의 피크 파워 밀도가 1×10^{8}(W/㎠) 이상이고 또한 펄스폭이 1㎲ 이하인 조건으로 레이저 광을 조사하여, 반도체 재료의 절단 예정 라인에 따라 반도체 재료의 내부에 개질 영역을 형성하는 공정을 구비하는 것을 특징으로 한다. 또한, 본 발명에 관계되는 레이저 가공방법은, 압전 재료의 내부에 집광점을 맞추어, 집광점에서의 피크 파워 밀도가 1×10^{8}(W/㎠) 이상이고 또한 펄스폭이 1㎲ 이하인 조건으로 레이저 광을 조사하여, 압전 재료의 절단 예정 라인에 따라 압전 재료의 내부에 개질 영역을 형성하는 공정을 구비하는 것을 특징으로 한다. 이들의 레이저 가공방법

에 의하면, 상기 본 발명에 관계되는 레이저 가공방법과 같은 이유에 의해, 가공 대상물의 표면에 용융이나 절단 예정 라인으로부터 벗어난 불필요한 균열을 발생시키지 않고, 레이저 절단 가공이 가능해진다.

[0023] 본 발명에 관계되는 레이저 가공방법에 있어서, 가공 대상물은, 그 표면에 복수의 회로부가 형성되어 있고, 복수의 회로부 중 인접하는 회로부 사이에 형성된 간극에 면하는 가공 대상물의 내부에 레이저 광의 집광점을 맞추도록 할 수 있다. 이것에 의하면, 인접하는 회로부 사이에 형성된 간극의 위치에 있어서, 가공 대상물을 확실하게 절단할 수 있다.

[0024] 본 발명에 관계되는 레이저 가공방법에 있어서, 복수의 회로부에 레이저 광이 조사되지 않는 각도로 레이저 광이 집광되도록 할 수 있다. 그에 따르면, 레이저 광이 회로부에 입사되는 것을 방지할 수 있어, 회로부를 레이저 광으로부터 보호할 수 있다.

[0025] 본 발명에 관계되는 레이저 가공방법은, 반도체 재료의 내부에 집광점을 맞추어 레이저 광을 조사하여, 반도체 재료의 절단 예정 라인에 따라 반도체 재료의 내부에만 용융 처리 영역을 형성하는 공정을 구비하는 것을 특징으로 한다. 본 발명에 관계되는 레이저 가공방법에 의하면, 상기와 같은 이유에 의해 가공 대상물의 표면에 불필요한 균열을 발생시키지 않고 또한 그 표면이 용융하지 않고 레이저 가공이 가능해진다. 또, 용융 처리 영역의 형성은 다광자 흡수가 원인인 경우도 있고, 다른 원인인 경우도 있다.

[0026] (2) 본 발명에 관계되는 레이저 가공방법은, 1 이외의 타원율의 타원 편광을 한 레이저 광의 집광점을 가공 대상물의 내부에 맞추고 또한 레이저 광의 타원 편광을 나타내는 타원의 장축이 가공 대상물의 절단 예정 라인에 따르도록, 가공 대상물에 레이저 광을 조사함으로써, 절단 예정 라인에 따라 가공 대상물의 내부에 다광자 흡수에 의한 개질 영역을 형성하는 공정을 구비하는 것을 특징으로 한다.

[0027] 본 발명에 관계되는 레이저 가공방법에 의하면, 레이저 광의 타원 편광을 나타내는 타원의 장축이 가공 대상물의 절단 예정 라인에 따르도록, 가공 대상물에 레이저 광을 조사함으로써 개질 영역을 형성하고 있다. 본 발명자에 의하면, 타원 편광을 한 레이저 광을 사용하면, 타원 편광을 나타내는 타원의 장축 방향(즉, 편광의 기울기가 강한 방향)으로 개질 영역의 형성이 촉진되는 것을 알 수 있다. 따라서, 타원 편광을 나타내는 타원의 장축 방향이 가공 대상물의 절단 예정 라인에 따르도록, 레이저 광을 가공 대상물에 조사하여 개질 영역을 형성하면, 절단 예정 라인에 따른 개질 영역을 효율적으로 형성하는 것이 가능해진다. 따라서, 본 발명에 관계되는 레이저 가공방법에 의하면, 가공 대상물의 가공 스피드를 향상시킬 수 있다.

[0028] 또한, 본 발명에 관계되는 레이저 가공방법에 의하면, 절단 예정 라인에 따른 방향 이외에 있어서 개질 영역의 형성이 억제되기 때문에, 가공 대상물을 절단 예정 라인에 따라 정밀하게 절단하는 것이 가능해진다.

[0029] 여기서, 타원율은 타원의 단축의 길이의 반/장축의 길이의 반이다. 레이저 광의 타원율이 작을수록, 개질 영역은 절단 예정 라인에 따른 방향의 형성이 촉진되고 또한 그 이외의 방향의 형성이 억제된다. 타원율은 가공 대상물의 두께나 재질 등을 고려하여 결정할 수 있다. 직선 편광은 타원율이 영인 타원 편광이다.

[0030] 본 발명에 관계되는 레이저 가공방법은, 1 이외의 타원율의 타원 편광을 한 레이저 광의 집광점을 가공 대상물의 내부에 맞추고 또한 레이저 광의 타원 편광을 나타내는 타원의 장축이 가공 대상물의 절단 예정 라인에 따르도록, 집광점에서의 피크 파워 밀도가 1×10^{8}(W/㎠) 이상이고 또한 펄스폭이 1㎲ 이하인 조건으로 레이저 광을 조사함으로써, 절단 예정 라인에 따라 가공 대상물의 내부에 크랙 영역을 포함하는 개질 영역을 형성하는 공정을 구비하는 것을 특징으로 한다.

[0031] 본 발명에 관계되는 레이저 가공방법에 의하면, 레이저 광의 타원 편광을 나타내는 타원의 장축이 가공 대상물의 절단 예정 라인에 따르도록 가공 대상물에 레이저 광을 조사하고 있기 때문에, 상기 본 발명에 관계되는 레이저 가공방법과 같이, 개질 영역을 효율적으로 형성할 수 있고, 또한, 절단 예정 라인에 따라 가공 대상물을 정밀하게 절단할 수 있다.

[0032] 본 발명에 관계되는 레이저 가공방법은, 1 이외의 타원율의 타원 편광을 한 레이저 광의 집광점을 가공 대상물의 내부에 맞추고 또한 레이저 광의 타원 편광을 나타내는 타원의 장축이 가공 대상물의 절단 예정 라인에 따르도록, 집광점에서의 피크 파워 밀도가 1×10^{8}(W/㎠) 이상이고 또한 펄스폭이 1㎲ 이하인 조건으로 레이저 광을 조사함으로써, 절단 예정 라인에 따라 가공 대상물의 내부에 용융 처리 영역을 포함하는 개질 영역을 형성하는 공정을 구비하는 것을 특징으로 한다.

[0033] 본 발명에 관계되는 레이저 가공방법에 의하면, 레이저 광의 타원 편광을 나타내는 타원의 장축이 가공 대상물

의 절단 예정 라인에 따르도록 가공 대상물에 레이저 광을 조사하고 있기 때문에, 상기 본 발명에 관계되는 레이저 가공방법과 같이, 개질 영역을 효율적으로 형성할 수 있고, 또한, 절단 예정 라인에 따라 가공 대상물을 정밀하게 절단할 수 있다.

[0034] 본 발명에 관계되는 레이저 가공방법은, 1 이외의 타원율의 타원 편광을 한 레이저 광의 집광점을 가공 대상물의 내부에 맞추고 또한 레이저 광의 타원 편광을 나타내는 타원의 장축이 가공 대상물의 절단 예정 라인에 따르도록, 집광점에서의 피크 파워 밀도가 1×10^{8}(W/㎠) 이상이고 또한 펄스폭이 1ns 이하인 조건으로 레이저 광을 조사함으로써, 절단 예정 라인에 따라 가공 대상물의 내부에 굴절율이 변화된 영역인 굴절율 변화 영역을 포함하는 개질 영역을 형성하는 공정을 구비하는 것을 특징으로 한다.

[0035] 본 발명에 관계되는 레이저 가공방법에 의하면, 레이저 광의 타원 편광을 나타내는 타원의 장축이 가공 대상물의 절단 예정 라인에 따르도록 가공 대상물에 레이저 광을 조사하고 있기 때문에, 상기 본 발명에 관계되는 레이저 가공방법과 같이, 개질 영역을 효율적으로 형성할 수 있고, 또한, 절단 예정 라인에 따라 가공 대상물을 정밀하게 절단할 수 있다.

[0036] 상기 본 발명에 관계되는 레이저 가공방법에 적용할 수 있는 예는 이하와 같다.

[0037] 타원율이 영인 타원 편광을 갖는 레이저 광을 사용할 수 있다. 타원율이 영인 경우, 직선 편광이 된다. 직선 편광에 의하면, 개질 영역의 절단 예정 라인에 따른 방향의 치수를 최대한으로 하면서 또한 그 이외의 방향의 치수를 최소한으로 하는 것이 가능해진다. 또한, 타원 편광의 타원율을 1/4 파장판 방위각 변화에 의해 조절할 수 있다. 1/4 파장판을 사용하면, 방위각을 변화시키는 것만으로 타원율을 조절할 수 있다.

[0038] 개질 영역을 형성하는 공정 후, 1/2 파장판에 의해 레이저 광의 편광을 약 90° 만큼 회전시켜, 가공 대상물에 레이저 광을 조사할 수 있다. 또한, 개질 영역을 형성하는 공정 후, 가공 대상물의 두께 방향을 축으로 하여, 가공 대상물을 약 90° 만큼 회전시켜, 가공 대상물에 레이저 광을 조사할 수 있다. 그에 따라, 가공 대상물의 표면에 따른 방향으로 연장되고 또한 개질 영역과 교차한 다른 개질 영역을 가공 대상물의 내부에 형성할 수 있다. 따라서, 예를 들면, X축 방향 및 Y축 방향의 절단 예정 라인에 따른 개질 영역을 효율적으로 형성할 수 있다.

[0039] 본 발명에 관계되는 레이저 가공방법은, 1 이외의 타원율의 타원 편광을 한 레이저 광의 집광점을 가공 대상물의 내부에 맞추고 또한 레이저 광의 타원 편광을 나타내는 타원의 장축이 가공 대상물의 절단 예정 라인에 따르도록 하여, 가공 대상물에 레이저 광을 조사함으로써, 절단 예정 라인에 따라 가공 대상물을 절단하는 공정을 구비하는 것을 특징으로 한다.

[0040] 본 발명에 관계되는 레이저 가공방법에 의하면, 레이저 광의 타원 편광을 나타내는 타원의 장축이 가공 대상물의 절단 예정 라인에 따르도록, 가공 대상물의 내부에 집광점을 맞추어 가공 대상물에 레이저 광을 조사하고 있다. 따라서, 가공 대상물을 절단 예정 라인에 따라 효율적으로 절단하는 것이 가능해진다. 본 발명에 관계되는 레이저 가공방법은, 가공 대상물에 레이저 광을 흡수시키고, 가공 대상물을 가열 용융시킴으로써, 가공 대상물을 절단하여도 좋다. 또한, 본 발명에 관계되는 레이저 가공방법은, 가공 대상물에 레이저 광을 조사함으로써 다광자 흡수를 발생시키고, 그에 따라 가공 대상물의 내부에 개질 영역을 형성하고, 개질 영역을 기점으로 하여 가공 대상물을 절단하여도 좋다.

[0041] 본 발명에 관계되는 레이저 가공장치는 펄스폭이 1㎲ 이하인 펄스 레이저 광을 출사하는 레이저 광원과, 레이저 광원으로부터 출사된 펄스 레이저 광을 1 이외의 타원율의 타원 편광으로 조절하는 타원율 조절 수단과, 타원율 조절 수단에 의해 조절된 펄스 레이저 광의 타원 편광을 나타내는 타원의 장축이 가공 대상물의 절단 예정 라인에 따르도록 조절하는 장축 조절 수단과, 장축 조절 수단에 의해 조절된 펄스 레이저 광의 집광점의 피크 파워 밀도가 1×10^{8}(W/㎠) 이상이 되도록 펄스 레이저 광을 집광하는 집광 수단과, 집광 수단에 의해 집광된 펄스 레이저 광의 집광점을 가공 대상물의 내부에 맞추는 수단과, 절단 예정 라인에 따라 펄스 레이저 광의 집광점을 상대적으로 이동시키는 이동 수단을 구비하는 것을 특징으로 한다.

[0042] 본 발명에 관계되는 레이저 가공장치에 의하면, 상기 본 발명에 관계되는 레이저 가공방법과 같은 이유에 의해, 가공 대상물의 표면에 용융이나 절단 예정 라인으로부터 벗어난 불필요한 균열을 발생시키지 않고, 레이저 절단 가공이 가능해진다. 또한, 레이저 광의 타원 편광을 나타내는 타원의 장축이 가공 대상물의 절단 예정 라인에 따르도록 가공 대상물에 레이저 광을 조사하고 있기 때문에, 상기 본 발명에 관계되는 레이저 가공방법과 같이, 개질 영역을 효율적으로 형성할 수 있고, 또한, 절단 예정 라인에 따라 가공 대상물을 정밀하게 절단할 수

있다.

[0043] 상기 본 발명에 관계되는 레이저 가공장치에 적용할 수 있는 예는 이하와 같다.

[0044] 타원율 조절 수단에 의해 조절된 펄스 레이저 광의 편광을 약 90° 만큼 회전 조절하는 90° 회전 조절 수단을 구비하도록 할 수 있다. 또한, 가공 대상물의 두께 방향을 축으로 하여 가공 대상물이 배치되는 배치대를 약 90° 만큼 회전시키는 회전 수단을 구비하도록 할 수 있다. 그에 따라, 펄스 레이저 광의 타원 편광을 나타내는 타원의 장축을 가공 대상물의 표면에 따른 방향으로 연장되고 또한 절단 예정 라인과 교차하는 방향으로 연장되는 다른 절단 예정 라인에 따르도록 할 수 있다. 따라서, 예를 들면, X축 방향 및 Y축 방향의 절단 예정 라인에 따른 개질 영역을 효율적으로 형성할 수 있다.

[0045] 본 발명에 관계되는 레이저 가공장치는 펄스폭이 1㎲ 이하이고 또한 직선 편광을 갖는 펄스 레이저 광을 출사하는 레이저 광원과, 레이저 광원으로부터 출사된 펄스 레이저 광의 직선 편광의 방향이 가공 대상물의 절단 예정 라인에 따르도록 조절하는 직선 편광 조절 수단과, 직선 편광 조절 수단에 의해 조절된 펄스 레이저 광의 집광점의 피크 파워 밀도가 1×10^{8}(W/㎠) 이상이 되도록 펄스 레이저 광을 집광하는 집광 수단과, 집광 수단에 의해 집광된 펄스 레이저 광의 집광점을 가공 대상물의 내부에 맞추는 수단과, 절단 예정 라인에 따라 펄스 레이저 광의 집광점을 상대적으로 이동시키는 이동 수단을 구비하는 것을 특징으로 한다.

[0046] 본 발명에 관계되는 레이저 가공장치에 의하면, 상기 본 발명에 관계되는 레이저 가공방법과 같은 이유에 의해, 가공 대상물의 표면에 용융이나 절단 예정 라인으로부터 벗어난 불필요한 균열을 발생시키지 않고, 레이저 절단 가공이 가능해진다. 또한, 본 발명에 관계되는 레이저 가공장치에 의하면, 상기 본 발명에 관계되는 레이저 가공방법과 같이, 개질 영역을 효율적으로 형성할 수 있고, 또한, 절단 예정 라인에 따라 가공 대상물을 정밀하게 절단할 수 있다.

[0047] (3) 본 발명에 관계되는 레이저 가공장치는 펄스폭이 1㎲ 이하인 펄스 레이저 광을 출사하는 레이저 광원과, 펄스 레이저 광의 파워 크기의 입력에 근거하여 레이저 광원으로부터 출사되는 펄스 레이저 광의 파워의 크기를 조절하는 파워 조절 수단과, 레이저 광원으로부터 출사된 펄스 레이저 광의 집광점의 피크 파워 밀도가 1×10^{8}(W/㎠) 이상이 되도록 펄스 레이저 광을 집광하는 집광 수단과, 집광 수단에 의해 집광된 펄스 레이저 광의 집광점을 가공 대상물의 내부에 맞추는 수단과, 가공 대상물의 절단 예정 라인에 따른 펄스 레이저 광의 집광점을 상대적으로 이동시키는 이동 수단을 구비하고, 가공 대상물의 내부에 집광점을 맞추어 1펄스의 펄스 레이저 광을 가공 대상물에 조사함으로써 가공 대상물의 내부에 1개의 개질 스폿(spot)이 형성되고, 파워 조절 수단에 의해 조절되는 펄스 레이저 광의 파워의 크기와 개질 스폿의 치수의 상관관계를 미리 기억한 상관관계 기억 수단과, 입력된 펄스 레이저 광의 파워의 크기에 근거하여 이 크기의 파워로 형성되는 개질 스폿의 치수를 상관관계 기억 수단으로부터 선택하는 치수 선택 수단과, 치수 선택 수단에 의해 선택된 개질 스폿의 치수를 표시하는 치수 표시 수단을 구비하는 것을 특징으로 한다.

[0048] 본 발명자에 의하면, 펄스 레이저 광의 파워를 작게 하면 개질 스폿이 작아지도록 제어할 수 있고, 펄스 레이저 광의 파워를 크게 하면 개질 스폿이 커지도록 제어할 수 있는 것을 알 수 있다. 개질 스폿은, 1펄스의 펄스 레이저 광에 의해 형성되는 개질 부분이고, 개질 스폿이 모임으로써 개질 영역이 된다. 개질 스폿의 치수의 제어는 가공 대상물의 절단에 영향을 미친다. 즉, 개질 스폿이 지나치게 크면, 가공 대상물의 절단 예정 라인에 따른 절단의 정밀도 및 절단면의 평탄성이 나빠진다. 한편, 두께가 큰 가공 대상물에 대하여 개질 스폿이 극단적으로 지나치게 작으면 가공 대상물의 절단이 곤란해진다. 본 발명에 관계되는 레이저 가공장치에 의하면, 펄스 레이저 광의 파워의 크기를 조절함으로써, 개질 스폿의 치수를 제어할 수 있다. 이 때문에, 절단 예정 라인에 따라 정밀하게 가공 대상물을 절단할 수 있고, 또한 평탄한 절단면을 얻을 수 있다.

[0049] 또한, 본 발명에 관계되는 레이저 가공장치는 펄스 레이저 광의 파워의 크기와 개질 스폿의 치수의 상관관계를 미리 기억한 상관관계 기억 수단을 구비한다. 입력된 펄스 레이저 광의 파워의 크기에 근거하여 이 크기의 파워로 형성되는 개질 스폿의 치수를 상관관계 기억 수단으로부터 선택하고, 선택된 개질 스폿의 치수를 표시하고 있다. 따라서, 레이저 가공장치에 입력된 펄스 레이저 광의 파워의 크기에 의해 형성되는 개질 스폿의 치수를 레이저 가공 전에 알 수 있다.

[0050] 본 발명에 관계되는 레이저 가공장치는 펄스폭이 1㎲ 이하인 펄스 레이저 광을 출사하는 레이저 광원과, 레이저 광원으로부터 출사된 펄스 레이저 광의 집광점의 피크 파워 밀도가 1×10^{8}(W/㎠) 이상이 되도록 펄스 레이저 광을 집광하는 집광용 렌즈와, 개구수의 크기의 입력에 근거하여 집광용 렌즈를 포함하는 광학계의 개구수의 크기

를 조절하는 개구수 조절 수단과, 집광용 렌즈에 의해 집광된 펄스 레이저 광의 집광점을 가공 대상물의 내부에 맞추는 수단과, 가공 대상물의 절단 예정 라인에 따라 펄스 레이저 광의 집광점을 상대적으로 이동시키는 이동 수단을 구비하고, 가공 대상물의 내부에 집광점을 맞추어 1펄스의 펄스 레이저 광을 가공 대상물에 조사함으로써 가공 대상물의 내부에 1개의 개질 스폿이 형성되고, 개구수 조절 수단에 의해 조절되는 개구수의 크기와 개질 스폿의 치수의 상관관계를 미리 기억한 상관관계 기억 수단과, 입력된 개구수의 크기에 근거하여 이 크기의 개구수로 형성되는 개질 스폿의 치수를 상관관계 기억 수단으로부터 선택하는 치수 선택 수단과, 치수 선택 수단에 의해 선택된 개질 스폿의 치수를 표시하는 치수 표시 수단을 구비하는 것을 특징으로 한다.

[0051] 본 발명자에 의하면, 집광용 렌즈를 포함하는 광학계의 개구수를 크게 하면 개질 스폿을 작게 제어할 수 있고, 그 개구수를 작게 하면 개질 스폿을 크게 제어할 수 있는 것을 알 수 있다. 따라서, 본 발명에 관계되는 레이저 가공장치에 의하면, 집광용 렌즈를 포함하는 광학계의 개구수의 크기를 조절함으로써 개질 스폿의 치수를 제어할 수 있다.

[0052] 또한, 본 발명에 관계되는 레이저 가공장치는 개구수의 크기와 개질 스폿의 치수의 상관관계를 미리 기억한 상관관계 기억 수단을 구비한다. 입력된 개구수의 크기에 근거하여 이 크기의 개구수로 형성되는 개질 스폿의 치수를 상관관계 기억 수단으로부터 선택하고, 선택된 개질 스폿의 치수를 표시하고 있다. 따라서, 레이저 가공장치에 입력된 개구수의 크기에 의해 형성되는 개질 스폿의 치수를 레이저 가공 전에 알 수 있다.

[0053] 본 발명에 관계되는 레이저 가공장치는 펄스폭이 1㎲ 이하인 펄스 레이저 광을 출사하는 레이저 광원과, 레이저 광원으로부터 출사된 펄스 레이저 광의 집광점의 피크 파워 밀도가 1×10^{8}(W/㎠) 이상이 되도록 펄스 레이저 광을 집광하는 집광용 렌즈를 복수 포함하고 또한 복수의 집광용 렌즈를 선택 가능한 렌즈 선택 수단을 구비하고, 복수의 집광용 렌즈를 포함하는 광학계는 각각 개구수가 다르고, 렌즈 선택 수단으로 선택된 집광용 렌즈에 의해 집광된 펄스 레이저 광의 집광점을 가공 대상물의 내부에 맞추는 수단과, 가공 대상물의 절단 예정 라인에 따라 펄스 레이저 광의 집광점을 상대적으로 이동시키는 이동 수단을 구비하고, 가공 대상물의 내부에 집광점을 맞추어 1펄스의 펄스 레이저 광을 가공 대상물에 조사함으로써 가공 대상물의 내부에 1개의 개질 스폿이 형성되고, 복수의 집광용 렌즈를 포함하는 광학계의 개구수의 크기와 개질 스폿의 치수의 상관관계를 미리 기억한 상관관계 기억 수단과, 선택된 집광용 렌즈를 포함하는 광학계의 개구수의 크기에 근거하여 이 크기의 개구수로 형성되는 개질 스폿의 치수를 상관관계 기억 수단으로부터 선택하는 치수 선택 수단과, 치수 선택 수단에 의해 선택된 개질 스폿의 치수법을 표시하는 치수 표시 수단을 구비하는 것을 특징으로 한다.

[0054] 본 발명에 관계되는 레이저 가공장치에 의하면, 개질 스폿의 치수를 제어할 수 있다. 또한, 선택된 집광용 렌즈를 포함하는 광학계의 개구수의 크기에 의해 형성되는 개질 스폿의 치수를 레이저 가공 전에 알 수 있다.

[0055] 본 발명에 관계되는 레이저 가공장치는 펄스폭이 1㎲ 이하인 펄스 레이저 광을 출사하는 레이저 광원과, 펄스 레이저 광의 파워 크기의 입력에 근거하여 레이저 광원으로부터 출사되는 펄스 레이저 광의 파워의 크기를 조절하는 파워 조절 수단과, 레이저 광원으로부터 출사된 펄스 레이저 광의 집광점의 피크 파워 밀도가 1×10^{8}(W/㎠) 이상이 되도록 펄스 레이저 광을 집광하는 집광용 렌즈와, 개구수의 크기의 입력에 근거하여 집광용 렌즈를 포함하는 광학계의 개구수의 크기를 조절하는 개구수 조절 수단과, 집광용 렌즈에 의해 집광된 펄스 레이저 광의 집광점을 가공 대상물의 내부에 맞추는 수단과, 가공 대상물의 절단 예정 라인에 따라 펄스 레이저 광의 집광점을 상대적으로 이동시키는 이동 수단을 구비하고, 가공 대상물의 내부에 집광점을 맞추어 1펄스의 펄스 레이저 광을 가공 대상물에 조사함으로써 가공 대상물의 내부에 1개의 개질 스폿이 형성되고, 파워 조절 수단에 의해 조절되는 펄스 레이저 광의 파워의 크기 및 개구수 조절 수단에 의해 조절되는 개구수의 크기의 세트와 개질 스폿의 치수의 상관관계를 미리 기억한 상관관계 기억 수단과, 입력된 펄스 레이저 광의 파워의 크기에 및 입력된 개구수의 크기에 근거하여 이들의 크기로 형성되는 개질 스폿의 치수를 상관관계 기억 수단으로부터 선택하는 치수 선택 수단과, 치수 선택 수단에 의해 선택된 개질 스폿의 치수를 표시하는 치수 표시 수단을 구비하는 것을 특징으로 한다.

[0056] 본 발명에 관계되는 레이저 가공장치에 의하면, 파워의 조절과 개구수의 조절을 조합할 수 있기 때문에, 개질 스폿의 치수를 제어할 수 있는 크기의 종류를 증가시키는 것이 가능해진다. 또한, 상기 본 발명에 관계되는 레이저 가공장치와 같은 이유에 의해, 개질 스폿의 치수를 레이저 가공 전에 알 수 있다.

[0057] 본 발명에 관계되는 레이저 가공장치는 펄스폭이 1㎲ 이하인 펄스 레이저 광을 출사하는 레이저 광원과, 펄스 레이저 광의 파워 크기의 입력에 근거하여 레이저 광원으로부터 출사되는 펄스 레이저 광의 파워의 크기를 조절하는 파워 조절 수단과, 레이저 광원으로부터 출사된 펄스 레이저 광의 집광점의 피크 파워 밀도가

1×10^{8}(W/㎠) 이상이 되도록 펄스 레이저 광을 집광하는 집광용 렌즈를 복수 포함하고 또한 복수의 집광용 렌즈를 선택 가능한 렌즈 선택 수단을 구비하고, 복수의 집광용 렌즈를 포함하는 광학계는 각각 개구수가 다르고, 렌즈 선택 수단으로 선택된 집광용 렌즈에 의해 집광된 펄스 레이저 광의 집광점을 가공 대상물의 내부에 맞추는 수단과, 가공 대상물의 절단 예정 라인에 따라 펄스 레이저 광의 집광점을 상대적으로 이동시키는 이동 수단을 구비하고, 가공 대상물의 내부에 집광점을 맞추어 1펄스의 펄스 레이저 광을 가공 대상물에 조사함으로써, 가공 대상물의 내부에 1개의 개질 스폿이 형성되고, 파워 조절 수단에 의해 조절되는 펄스 레이저 광의 파워의 크기 및 복수의 집광용 렌즈를 포함하는 광학계의 개구수의 크기의 세트와 개질 스폿의 치수의 상관관계를 미리 기억하는 상관관계 기억 수단과, 입력된 펄스 레이저 광의 파워의 크기에 및 선택된 집광용 렌즈를 포함하는 광학계의 개구수의 크기에 근거하여 이들의 크기로 형성되는 개질 스폿의 치수를 상관관계 기억 수단으로부터 선택하는 치수 선택 수단과, 치수 선택 수단에 의해 선택된 개질 스폿의 치수를 표시하는 치수 표시 수단을 구비하는 것을 특징으로 한다.

[0058] 본 발명에 관계되는 레이저 가공장치에 의하면, 상기 본 발명에 관계되는 레이저 가공장치와 같은 이유에 의해, 개질 스폿의 치수를 제어할 수 있는 크기의 종류를 늘리는 것이 가능해지고 또한 개질 스폿의 치수를 레이저 가공 전에 알 수 있다.

[0059] 이상 설명한 레이저 가공장치는 치수 선택 수단으로 선택된 치수의 개질 스폿의 화상을 작성하는 화상 작성 수단과, 화상 작성 수단에 의해 작성된 화상을 표시하는 화상 표시 수단을 구비하도록 할 수 있다. 그에 따르면, 형성되는 개질 스폿에 대해서 레이저 가공 전에 시각적으로 파악할 수 있다.

[0060] 본 발명에 관계되는 레이저 가공장치는 펄스폭이 1㎲ 이하인 펄스 레이저 광을 출사하는 레이저 광원과, 레이저 광원으로부터 출사되는 펄스 레이저 광의 파워의 크기를 조절하는 파워 조절 수단과, 레이저 광원으로부터 출사된 펄스 레이저 광의 집광점의 피크 파워 밀도가 1×10^{8}(W/㎠) 이상이 되도록 펄스 레이저 광을 집광하는 집광 수단과, 집광 수단에 의해 집광된 펄스 레이저 광의 집광점을 가공 대상물의 내부에 맞추는 수단과, 가공 대상물의 절단 예정 라인에 따라 펄스 레이저 광의 집광점을 상대적으로 이동시키는 이동 수단을 구비하고, 가공 대상물의 내부에 집광점을 맞추어 1펄스의 펄스 레이저 광을 가공 대상물에 조사함으로써 가공 대상물의 내부에 1개의 개질 스폿이 형성되고, 파워 조절 수단에 의해 조절되는 펄스 레이저 광의 파워의 크기와 개질 스폿의 치수의 상관관계를 미리 기억한 상관관계 기억 수단과, 개질 스폿의 치수의 입력에 근거하여 이 치수로 형성할 수 있는 펄스 레이저 광의 파워의 크기를 상관관계 기억 수단으로부터 선택하는 파워 선택 수단을 구비하고, 파워 조절 수단은 파워 선택 수단에 의해 선택된 파워의 크기가 되도록 레이저 광원으로부터 출사되는 펄스 레이저 광의 파워의 크기를 조절하는 것을 특징으로 한다.

[0061] 본 발명에 관계되는 레이저 가공장치에 의하면, 펄스 레이저 광의 파워의 크기와 개질 스폿의 치수의 상관관계를 미리 기억한 상관관계 기억 수단을 구비한다. 개질 스폿의 치수의 입력에 근거하여 이 치수로 형성할 수 있는 펄스 레이저 광의 파워의 크기가 상관관계 기억 수단으로부터 선택된다. 파워 조절 수단은 파워 선택 수단에 의해 선택된 파워의 크기가 되도록 레이저 광원으로부터 출사되는 펄스 레이저 광의 파워의 크기를 조절한다. 따라서, 원하는 치수의 개질 스폿을 형성할 수 있다.

[0062] 본 발명에 관계되는 레이저 가공장치는 펄스폭이 1㎲ 이하인 펄스 레이저 광을 출사하는 레이저 광원과, 레이저 광원으로부터 출사된 펄스 레이저 광의 집광점의 피크 파워 밀도가 1×10^{8}(W/㎠) 이상이 되도록 펄스 레이저 광을 집광하는 집광용 렌즈와, 집광용 렌즈를 포함하는 광학계의 개구수의 크기를 조절하는 개구수 조절 수단과, 집광용 렌즈에 의해 집광된 펄스 레이저 광의 집광점을 가공 대상물의 내부에 맞추는 수단과, 가공 대상물의 절단 예정 라인에 따라 펄스 레이저 광의 집광점을 상대적으로 이동시키는 이동 수단을 구비하고, 가공 대상물의 내부에 집광점을 맞추어 1펄스의 펄스 레이저 광을 가공 대상물에 조사함으로써 가공 대상물의 내부에 1개의 개질 스폿이 형성되고, 개구수 조절 수단에 의해 조절되는 개구수의 크기와 개질 스폿의 치수의 상관관계를 미리 기억한 상관관계 기억 수단과, 개질 스폿의 치수의 입력에 근거하여 이 치수로 형성할 수 있는 개구수의 크기를 상관관계 기억 수단으로부터 선택하는 개구수 선택 수단을 구비하고, 개구수 조절 수단은 개구수 선택 수단에 의해 선택된 개구수의 크기가 되도록 집광용 렌즈를 포함하는 광학계의 개구수의 크기를 조절하는 것을 특징으로 한다.

[0063] 본 발명에 관계되는 레이저 가공장치에 의하면, 개구수의 크기와 개질 스폿의 치수의 상관관계를 미리 기억한 상관관계 기억 수단을 구비한다. 개질 스폿의 치수의 입력에 근거하여 이 치수로 형성할 수 있는 개구수의 크기를 상관관계 기억 수단으로부터 선택한다. 개구수 조절 수단은 개구수 선택 수단에 의해 선택된 개구수의 크

기가 되도록 집광용 렌즈를 포함하는 광학계의 개구수의 크기를 조절한다. 따라서, 원하는 치수의 개질 스폿을 형성할 수 있다.

[0064] 본 발명에 관계되는 레이저 가공장치는 펄스폭이 1㎲ 이하인 펄스 레이저 광을 출사하는 레이저 광원과, 레이저 광원으로부터 출사된 펄스 레이저 광의 집광점의 피크 파워 밀도가 1×10^{8}(W/㎠) 이상이 되도록 펄스 레이저 광을 집광하는 집광용 렌즈를 복수개 포함하고 또한 복수의 집광용 렌즈를 선택 가능한 렌즈 선택 수단을 구비하고, 복수의 집광용 렌즈를 포함하는 광학계는 각각 개구수가 다르고, 렌즈 선택 수단으로 선택된 집광용 렌즈에 의해 집광된 펄스 레이저 광의 집광점을 가공 대상물의 내부에 맞추는 수단과, 가공 대상물의 절단 예정 라인에 따라 펄스 레이저 광의 집광점을 상대적으로 이동시키는 이동 수단을 구비하고, 가공 대상물의 내부에 집광점을 맞추어 1펄스의 펄스 레이저 광을 가공 대상물에 조사함으로써 가공 대상물의 내부에 1개의 개질 스폿이 형성되고, 복수의 집광용 렌즈의 개구수의 크기와 개질 스폿의 치수의 상관관계를 미리 기억한 상관관계 기억 수단과, 개질 스폿의 치수의 입력에 근거하여 이 치수로 형성할 수 있는 개구수의 크기를 상관관계 기억 수단으로부터 선택하는 개구수 선택 수단을 구비하고, 렌즈 선택 수단은 개구수 선택 수단에 의해 선택된 개구수의 크기가 되도록 복수의 집광용 렌즈를 선택하는 것을 특징으로 한다.

[0065] 본 발명에 관계되는 레이저 가공장치에 의하면, 개질 스폿의 치수의 입력에 근거하여 이 치수로 형성할 수 있는 개구수의 크기를 상관관계 기억 수단으로부터 선택한다. 렌즈 선택 수단은 개구수 선택 수단에 의해 선택된 개구수의 크기가 되도록 복수의 집광용 렌즈를 선택한다. 따라서, 원하는 치수의 개질 스폿을 형성할 수 있다.

[0066] 본 발명에 관계되는 레이저 가공장치는 펄스폭이 1㎲ 이하인 펄스 레이저 광을 출사하는 레이저 광원과, 레이저 광원으로부터 출사되는 펄스 레이저 광의 파워의 크기를 조절하는 파워 조절 수단과, 레이저 광원으로부터 출사된 펄스 레이저 광의 집광점의 피크 파워 밀도가 1×10^{8}(W/㎠) 이상이 되도록 펄스 레이저 광을 집광하는 집광용 렌즈와, 집광용 렌즈를 포함하는 광학계의 개구수의 크기를 조절하는 개구수 조절 수단과, 집광용 렌즈에 의해 집광된 펄스 레이저 광의 집광점을 가공 대상물의 내부에 맞추는 수단과, 가공 대상물의 절단 예정 라인에 따라 펄스 레이저 광의 집광점을 상대적으로 이동시키는 이동 수단을 구비하고, 가공 대상물의 내부에 집광점을 맞추어 1펄스의 펄스 레이저 광을 가공 대상물에 조사함으로써 가공 대상물의 내부에 1개의 개질 스폿이 형성되고, 파워 조절 수단에 의해 조절되는 펄스 레이저 광의 파워의 크기 및 개구수 조절 수단에 의해 조절되는 개구수의 크기의 세트와 개질 스폿의 치수의 상관관계를 미리 기억한 상관관계 기억 수단과, 개질 스폿의 치수의 입력에 근거하여 이 치수로 형성할 수 있는 파워 및 개구수의 크기의 세트를 상관관계 기억 수단으로부터 선택하는 세트 선택 수단을 구비하고, 파워 조절 수단 및 개구수 조절 수단은 세트 선택 수단에 의해 선택된 파워 및 개구수의 크기가 되도록 레이저 광원으로부터 출사되는 펄스 레이저 광의 파워의 크기 및 집광용 렌즈를 포함하는 광학계의 개구수의 크기를 조절하는 것을 특징으로 한다.

[0067] 본 발명에 관계되는 레이저 가공장치에 의하면, 개질 스폿의 치수의 입력에 근거하여 이 치수로 형성할 수 있는 파워의 크기 및 개구수의 크기의 조합을 상관관계 기억 수단으로부터 선택한다. 그리고, 선택된 파워의 크기 및 개구수의 크기가 되도록, 레이저 광원으로부터 출사되는 펄스 레이저 광의 파워의 크기 및 집광용 렌즈를 포함하는 광학계의 개구수의 크기를 조절한다. 따라서, 원하는 치수의 개질 스폿을 형성할 수 있다. 또한, 파워의 크기 및 개구수의 크기를 조합하고 있기 때문에, 개질 스폿의 치수를 제어할 수 있는 크기의 종류를 늘리는 것이 가능하다.

[0068] 본 발명에 관계되는 레이저 가공장치는 펄스폭이 1㎲ 이하인 펄스 레이저 광을 출사하는 레이저 광원과, 상기 레이저 광원으로부터 출사되는 펄스 레이저 광의 파워의 크기를 조절하는 파워 조절 수단과, 레이저 광원으로부터 출사된 펄스 레이저 광의 집광점의 피크 파워 밀도가 1×10^{8}(W/㎠) 이상이 되도록 펄스 레이저 광을 집광하는 집광용 렌즈를 복수개 포함하고 또한 복수의 집광용 렌즈를 선택 가능한 렌즈 선택 수단을 구비하고, 복수의 집광용 렌즈를 포함하는 광학계는 각각 개구수가 다르고, 렌즈 선택 수단으로 선택된 집광용 렌즈에 의해 집광된 펄스 레이저 광의 집광점을 가공 대상물의 내부에 맞추는 수단과, 가공 대상물의 절단 예정 라인에 따라 펄스 레이저 광의 집광점을 상대적으로 이동시키는 이동 수단을 구비하고, 가공 대상물의 내부에 집광점을 맞추어 1펄스의 펄스 레이저 광을 가공 대상물에 조사함으로써 가공 대상물의 내부에 1개의 개질 스폿이 형성되고, 파워 조절 수단에 의해 조절되는 펄스 레이저 광의 파워의 크기 및 복수의 집광용 렌즈의 개구수의 크기의 세트와 개질 스폿의 치수의 상관관계를 미리 기억한 상관관계 기억 수단과, 개질 스폿의 치수의 입력에 근거하여 이 치수로 형성할 수 있는 파워 및 개구수의 크기의 세트를 상관관계 기억 수단으로부터 선택하는 세트 선택 수단을 구비하고, 파워 조절 수단 및 렌즈 선택 수단은 세트 선택 수단에 의해 선택된 파워 및 개구수의 크기가 되도록

레이저 광원으로부터 출사되는 펄스 레이저 광의 파워의 크기의 조절 및 복수의 집광용 렌즈를 선택하는 것을 특징으로 한다.

[0069] 본 발명에 관계되는 레이저 가공장치에 의하면, 개질 스폿의 치수의 입력에 근거하여 이 치수로 형성할 수 있는 파워의 크기 및 개구수의 크기의 조합을 상관관계 기억 수단으로부터 선택한다. 선택된 파워의 크기 및 개구수의 크기가 되도록, 각각, 레이저 광원으로부터 출사되는 펄스 레이저 광의 파워의 크기의 조절 및 복수의 집광용 렌즈를 선택한다. 따라서, 원하는 치수의 개질 스폿을 형성할 수 있다. 또한, 파워의 크기 및 개구수의 크기를 조합하고 있기 때문에, 개질 스폿의 치수를 제어할 수 있는 크기의 종류를 늘리는 것이 가능하다.

[0070] 본 발명에 관계되는 레이저 가공장치에 있어서, 파워 선택 수단에 의해 선택된 파워의 크기를 표시하는 표시 수단, 개구수 선택 수단에 의해 선택된 개구수의 크기를 표시하는 표시 수단, 세트 선택 수단에 의해 선택된 세트의 파워의 크기 및 개구수의 크기를 표시하는 표시 수단을 구비하도록 할 수 있다. 그에 따르면, 개질 스폿의 치수의 입력에 근거하여 레이저 가공장치가 동작할 때의 파워, 개구수를 알 수 있다.

[0071] 본 발명에 관계되는 레이저 가공장치에 있어서, 절단 예정 라인에 따라 가공 대상물의 내부에 복수의 개질 스폿을 형성할 수 있다. 이 개질 스폿에 의해 개질 영역이 규정된다. 개질 영역은 가공 대상물의 내부에 있어서 크랙이 발생한 영역인 크랙 영역, 가공 대상물의 내부에 있어서 용융 처리한 영역인 용융 처리 영역 및 가공 대상물의 내부에 있어서 굴절율이 변화된 영역인 굴절율 변화 영역 중 적어도 어느 하나를 포함한다.

[0072] 또, 파워 조절 수단의 예로서, 예를 들면, ND 필터 및 편광 필터 중 적어도 어느 한쪽을 포함하는 예가 있다. 또한, 레이저 광원이 여기용 레이저를 포함하고, 또한 레이저 가공장치가 여기용 레이저의 구동 전류를 제어하는 구동 전류 제어 수단을 구비하는 예도 있다. 이들에 의해, 펄스 레이저 광의 파워의 크기를 조절할 수 있다. 또한, 개구수 조절 수단의 예로서, 예를 들면, 빔 익스팬더 및 홍채 조리개 중 적어도 어느 한쪽을 포함하는 예가 있다.

[0073] 본 발명에 관계되는 레이저 가공방법은, 펄스 레이저 광의 집광점을 가공 대상물의 내부에 맞추어, 가공 대상물에 펄스 레이저 광을 조사함으로써, 가공 대상물의 절단 예정 라인에 따라 가공 대상물의 내부에 다광자 흡수에 의한 개질 영역을 형성하는 제 1 공정과, 펄스 레이저 광의 파워를 제 1 공정보다 크게 또는 작아지도록 조절하고, 또한 펄스 레이저 광의 집광점을 가공 대상물의 내부에 맞추어, 가공 대상물에 펄스 레이저 광을 조사함으로써, 가공 대상물의 다른 절단 예정 라인에 따라 가공 대상물의 내부에 다광자 흡수에 의한 다른 개질 영역을 형성하는 제 2 공정을 구비하는 것을 특징으로 한다.

[0074] 또한, 본 발명에 관계되는 레이저 가공방법은, 펄스 레이저 광의 집광점을 가공 대상물의 내부에 맞추어, 가공 대상물에 펄스 레이저 광을 조사함으로써, 가공 대상물의 절단 예정 라인에 따라 가공 대상물의 내부에 다광자 흡수에 의한 개질 영역을 형성하는 제 1 공정과, 펄스 레이저 광을 집광하는 집광용 렌즈를 포함하는 광학계의 개구수를 제 1 공정보다 크게 또는 작아지도록 조절하고, 또한 펄스 레이저 광의 집광점을 가공 대상물의 내부에 맞추어, 가공 대상물에 펄스 레이저 광을 조사함으로써, 가공 대상물의 다른 절단 예정 라인에 따라 가공 대상물의 내부에 다광자 흡수에 의한 다른 개질 영역을 형성하는 제 2 공정을 구비하는 것을 특징으로 한다.

[0075] 이들 본 발명에 관계되는 레이저 가공방법에 의하면, 예를 들면, 가공 대상물의 결정 방향이 원인이 되어 절단이 용이한 방향과 절단이 곤란한 방향이 있는 경우, 절단이 용이한 방향에 형성하는 개질 영역을 구성하는 개질 스폿의 치수를 작게 하고, 절단이 곤란한 방향에 형성하는 다른 개질 영역을 구성하는 개질 스폿의 치수를 크게 한다. 그에 따라, 절단이 용이한 방향에서는 평탄한 절단면을 얻을 수 있고, 또한 절단이 곤란한 방향에서도 절단이 가능해진다.

[0076] (4) 본 발명에 관계되는 레이저 가공장치는 펄스폭이 1㎲ 이하인 펄스 레이저 광을 출사하는 레이저 광원과, 주파수의 크기의 입력에 근거하여 레이저 광원으로부터 출사되는 펄스 레이저 광의 반복 주파수의 크기를 조절하는 주파수 조절 수단과, 레이저 광원으로부터 출사된 펄스 레이저 광의 집광점의 피크 파워 밀도가 1×10^{8}(W/㎠) 이상이 되도록 펄스 레이저 광을 집광하는 집광 수단과, 집광 수단에 의해 집광된 펄스 레이저 광의 집광점을 가공 대상물의 내부에 맞추는 수단과, 가공 대상물의 절단 예정 라인에 따라 펄스 레이저 광의 집광점을 상대적으로 이동시키는 이동 수단을 구비하고, 가공 대상물의 내부에 집광점을 맞추어 1펄스의 펄스 레이저 광을 가공 대상물에 조사함으로써 가공 대상물의 내부에 1개의 개질 스폿이 형성되고, 가공 대상물의 내부에 집광점을 맞추고 또한 절단 예정 라인에 따라 집광점을 상대적으로 이동시켜 복수 펄스의 펄스 레이저 광을 가공 대상물에 조사함으로써, 절단 예정 라인에 따라 가공 대상물의 내부에 복수의 개질 스폿이 형성되고, 입력된 주파수의 크기에 근거하여 인접하는 개질 스폿간의 거리를 연산하는 거리 연산 수단과, 거리 연산 수단에 의

해 연산된 거리를 표시하는 거리 표시 수단을 구비하는 것을 특징으로 한다.

[0077] 본 발명자에 의하면, 펄스 레이저 광의 집광점의 상대적 이동 속도가 일정한 경우, 펄스 레이저 광의 반복 주파수를 작게 하면, 1펄스의 펄스 레이저 광으로 형성되는 개질 부분(개질 스폿이라고 함)과 다음의 1펄스의 펄스 레이저 광으로 형성되는 개질 스폿의 거리가 커지도록 제어할 수 있는 것을 알 수 있다. 반대로, 펄스 레이저 광의 반복 주파수를 크게 하면 이 거리가 작아지도록 제어할 수 있는 것을 알 수 있다. 또, 본 명세서에서는 이 거리를 인접하는 개질 스폿간의 거리 또는 피치로 표현한다.

[0078] 따라서, 펄스 레이저 광의 반복 주파수를 크게 또는 작게 하는 조절을 함으로써, 인접하는 개질 스폿간의 거리를 제어할 수 있다. 가공 대상물의 종류나 두께 등에 따라서 이 거리를 바꿈으로써, 가공 대상물에 따른 절단 가공이 가능해진다. 또, 절단 예정 라인에 따라 가공 대상물의 내부에 복수의 개질 스폿이 형성됨으로써 개질 영역이 규정된다.

[0079] 또한, 본 발명에 관계되는 레이저 가공장치에 의하면, 입력된 주파수의 크기에 근거하여 인접하는 개질 스폿간의 거리를 연산하여, 연산된 거리를 표시하고 있다. 따라서, 레이저 가공장치에 입력된 주파수의 크기에 근거하여 형성되는 개질 스폿에 대해서, 레이저 가공 전에 인접하는 개질 스폿간의 거리를 알 수 있다.

[0080] 본 발명에 관계되는 레이저 가공장치는 펄스폭이 1㎲ 이하인 펄스 레이저 광을 출사하는 레이저 광원과, 레이저 광원으로부터 출사된 펄스 레이저 광의 집광점의 피크 파워 밀도가 1×10^{8}(㎾/㎠) 이상이 되도록 펄스 레이저 광을 집광하는 집광 수단과, 집광 수단에 의해 집광된 펄스 레이저 광의 집광점을 가공 대상물의 내부에 맞추는 수단과, 가공 대상물의 절단 예정 라인에 따라 펄스 레이저 광의 집광점을 상대적으로 이동시키는 이동 수단과, 속도의 크기의 입력에 근거하여 이동 수단에 의한 펄스 레이저 광의 집광점의 상대적 이동 속도의 크기를 조절하는 속도 조절 수단을 구비하고, 가공 대상물의 내부에 집광점을 맞추어 1펄스의 펄스 레이저 광을 가공 대상물에 조사함으로써, 가공 대상물의 내부에 1개의 개질 스폿이 형성되고, 가공 대상물의 내부에 집광점을 맞추고 또한 절단 예정 라인에 따라 집광점을 상대적으로 이동시켜서, 복수 펄스의 펄스 레이저 광을 가공 대상물에 조사함으로써, 절단 예정 라인에 따라 가공 대상물의 내부에 복수의 개질 스폿이 형성되고, 입력된 속도의 크기에 근거하여 인접하는 개질 스폿간의 거리를 연산하는 거리 연산 수단과, 거리 연산 수단에 의해 연산된 거리를 표시하는 거리 표시 수단을 구비하는 것을 특징으로 한다.

[0081] 본 발명자에 의하면, 펄스 레이저 광의 반복 주파수가 일정한 경우, 펄스 레이저 광의 집광점의 상대적 이동 속도를 작게 하면, 인접하는 개질 스폿간의 거리가 작아지도록 제어할 수 있고, 반대로 펄스 레이저 광의 집광점의 상대적 이동 속도를 크게 하면 인접하는 개질 스폿간의 거리가 커지도록 제어할 수 있는 것을 알 수 있다. 따라서, 펄스 레이저 광의 집광점의 상대적 이동 속도를 크게 또는 작게 하는 조절을 함으로써, 인접하는 개질 스폿간의 거리를 제어할 수 있다. 따라서, 가공 대상물의 종류나 두께 등에 따라서 이 거리를 바꿈으로써, 가공 대상물에 따른 절단 가공이 가능해진다. 또, 펄스 레이저 광의 집광점의 상대적 이동은, 펄스 레이저 광의 집광점을 고정하고 가공 대상물을 이동시켜도 좋고, 가공 대상물을 고정하고 펄스 레이저 광의 집광점을 이동시켜도 좋고, 양쪽을 이동시켜도 좋다.

[0082] 또한, 본 발명에 관계되는 레이저 가공장치에 의하면, 입력된 속도의 크기에 근거하여 인접하는 개질 스폿간의 거리를 연산하여, 연산된 거리를 표시하고 있다. 따라서, 레이저 가공장치에 입력된 속도의 크기에 근거하여 형성되는 개질 스폿에 대해서, 레이저 가공 전에 인접하는 개질 스폿간의 거리를 알 수 있다.

[0083] 본 발명에 관계되는 레이저 가공장치는 펄스폭이 1㎲ 이하인 펄스 레이저 광을 출사하는 레이저 광원과, 주파수의 크기의 입력에 근거하여 레이저 광원으로부터 출사되는 펄스 레이저 광의 반복 주파수의 크기를 조절하는 주파수 조절 수단과, 레이저 광원으로부터 출사된 펄스 레이저 광의 집광점의 피크 파워 밀도가 1×10^{8}(㎾/㎠) 이상이 되도록 펄스 레이저 광을 집광하는 집광 수단과, 집광 수단에 의해 집광된 펄스 레이저 광의 집광점을 가공 대상물의 내부에 맞추는 수단과, 가공 대상물의 절단 예정 라인에 따라 펄스 레이저 광의 집광점을 상대적으로 이동시키는 이동 수단과, 속도의 크기의 입력에 근거하여 이동 수단에 의한 펄스 레이저 광의 집광점의 상대적 이동 속도의 크기를 조절하는 속도 조절 수단을 구비하고, 가공 대상물의 내부에 집광점을 맞추어 1펄스의 펄스 레이저 광을 가공 대상물에 조사함으로써, 가공 대상물의 내부에 1개의 개질 스폿이 형성되고, 가공 대상물의 내부에 집광점을 맞추고 또한 절단 예정 라인에 따라 집광점을 상대적으로 이동시켜, 복수 펄스의 펄스 레이저 광을 가공 대상물에 조사함으로써, 절단 예정 라인에 따라 가공 대상물의 내부에 복수의 개질 스폿이 형성되고, 입력된 주파수의 크기와 속도의 크기에 근거하여 인접하는 개질 스폿간의 거리를 연산하는 거리 연산 수단과, 거리 연산 수단에 의해 연산된 거리를 표시하는 거리 표시 수단을 구비하는 것을 특징으로 한다.

[0084] 본 발명에 관계되는 레이저 가공장치에 의하면, 펄스 레이저 광의 반복 주파수의 크기 및 펄스 레이저 광의 집광점의 상대적 이동 속도의 크기의 양쪽을 조절함으로써, 인접하는 개질 스폿간의 거리를 제어할 수 있다. 이들의 조절을 조합하는 것에 의해, 이 거리에 대해서 제어할 수 있는 크기의 종류를 늘리는 것이 가능해진다. 또한, 본 발명에 관계되는 레이저 가공장치에 의하면, 레이저 가공 전에 인접하는 개질 스폿간의 거리를 알 수 있다.

[0085] 이들의 레이저 가공장치에 있어서, 레이저 가공장치에 의해 형성되는 개질 스폿의 치수를 미리 기억하고 있는 치수 기억 수단과, 치수 기억 수단에 기억된 치수와 거리 연산 수단에 의해 연산된 거리에 근거하여, 절단 예정 라인에 따라 형성되는 복수의 개질 스폿의 화상을 작성하는 화상 작성 수단과, 화상 작성 수단에 의해 작성된 화상을 표시하는 화상 표시 수단을 구비하도록 할 수 있다. 그에 따르면, 형성되는 복수의 개질 스폿, 즉 개질 영역에 대해서 레이저 가공 전에 시각적으로 파악할 수 있다.

[0086] 본 발명에 관계되는 레이저 가공장치는 펄스폭이 1㎲ 이하인 펄스 레이저 광을 출사하는 레이저 광원과, 레이저 광원으로부터 출사되는 펄스 레이저 광의 반복 주파수의 크기를 조절하는 주파수 조절 수단과, 레이저 광원으로부터 출사된 펄스 레이저 광의 집광점의 피크 파워 밀도가 1×10^{8}(W/㎠) 이상이 되도록 펄스 레이저 광을 집광하는 집광 수단과, 집광 수단에 의해 집광된 펄스 레이저 광의 집광점을 가공 대상물의 내부에 맞추는 수단과, 가공 대상물의 절단 예정 라인에 따라 펄스 레이저 광의 집광점을 상대적으로 이동시키는 이동 수단을 구비하고, 가공 대상물의 내부에 집광점을 맞추어 1펄스의 펄스 레이저 광을 가공 대상물에 조사함으로써, 가공 대상물의 내부에 1개의 개질 스폿이 형성되고, 가공 대상물의 내부에 집광점을 맞추고 또한 절단 예정 라인에 따라 집광점을 상대적으로 이동시켜, 복수 펄스의 펄스 레이저 광을 가공 대상물에 조사함으로써, 절단 예정 라인에 따라 가공 대상물의 내부에 복수의 개질 스폿이 형성되고, 인접하는 개질 스폿간의 거리의 크기의 입력에 근거하여, 인접하는 개질 스폿간의 거리를 이 크기로 하기 위해서, 레이저 광원으로부터 출사되는 펄스 레이저 광의 반복 주파수의 크기를 연산하는 주파수 연산 수단을 구비하고, 주파수 조절 수단은 주파수 연산 수단에 의해 연산된 주파수의 크기가 되도록 레이저 광원으로부터 출사되는 펄스 레이저 광의 반복 주파수의 크기를 조절하는 것을 특징으로 한다.

[0087] 본 발명에 관계되는 레이저 가공장치에 의하면, 인접하는 개질 스폿간의 거리의 크기의 입력에 근거하여, 인접하는 개질 스폿간의 거리를 이 크기로 하기 위해서, 레이저 광원으로부터 출사되는 펄스 레이저 광의 반복 주파수의 크기를 연산하고 있다. 주파수 조절 수단은 주파수 연산 수단에 의해 연산된 주파수의 크기가 되도록 레이저 광원으로부터 출사되는 펄스 레이저 광의 반복 주파수의 크기를 조절하고 있다. 따라서, 인접하는 개질 스폿간의 거리를 원하는 크기로 할 수 있다.

[0088] 본 발명에 관계되는 레이저 가공장치에 있어서, 주파수 연산 수단에 의해 연산된 주파수의 크기를 표시하는 주파수 표시 수단을 구비하도록 할 수 있다. 그에 따르면, 인접하는 개질 스폿간의 거리의 크기의 입력에 근거하여 레이저 가공장치를 동작시키는 경우, 레이저 가공 전에 주파수를 알 수 있다.

[0089] 본 발명에 관계되는 레이저 가공장치는 펄스폭이 1㎲ 이하인 펄스 레이저 광을 출사하는 레이저 광원과, 레이저 광원으로부터 출사된 펄스 레이저 광의 집광점의 피크 파워 밀도가 1×10^{8}(W/㎠) 이상이 되도록 펄스 레이저 광을 집광하는 집광 수단과, 집광 수단에 의해 집광된 펄스 레이저 광의 집광점을 가공 대상물의 내부에 맞추는 수단과, 가공 대상물의 절단 예정 라인에 따라 펄스 레이저 광의 집광점을 상대적으로 이동시키는 이동 수단과, 이동 수단에 의한 펄스 레이저 광의 집광점의 상대적 이동 속도의 크기를 조절하는 속도 조절 수단을 구비하고, 가공 대상물의 내부에 집광점을 맞추어 1펄스의 펄스 레이저 광을 가공 대상물에 조사함으로써, 가공 대상물의 내부에 1개의 개질 스폿이 형성되고, 가공 대상물의 내부에 집광점을 맞추고 또한 절단 예정 라인에 따라 집광점을 상대적으로 이동시켜서, 복수 펄스의 펄스 레이저 광을 가공 대상물에 조사함으로써, 절단 예정 라인에 따라 가공 대상물의 내부에 복수의 개질 스폿이 형성되고, 인접하는 개질 스폿간의 거리의 크기의 입력에 근거하여, 인접하는 개질 스폿간의 거리를 이 크기로 하기 위해서, 이동 수단에 의한 펄스 레이저 광의 집광점의 상대적 이동 속도의 크기를 연산하는 속도 연산 수단을 구비하고, 속도 조절 수단은 속도 연산 수단에 의해 연산된 상대적 이동 속도의 크기가 되도록 이동 수단에 의한 펄스 레이저 광의 집광점의 상대적 이동 속도의 크기를 조절하는 것을 특징으로 한다.

[0090] 본 발명에 관계되는 레이저 가공장치에 의하면, 인접하는 개질 스폿간의 거리의 크기의 입력에 근거하여, 인접하는 개질 스폿간의 거리를 이 크기로 하기 위해서, 이동 수단에 의한 펄스 레이저 광의 집광점의 상대적 이동 속도의 크기를 연산하고 있다. 속도 조절 수단은 속도 연산 수단에 의해 연산된 상대적 이동 속도의 크기가 되

도록 이동 수단에 의한 펄스 레이저 광의 집광점의 상대적 이동 속도의 크기를 조절하고 있다. 따라서, 인접하는 개질 스폿간의 거리를 원하는 크기로 할 수 있다.

[0091] 본 발명에 관계되는 레이저 가공장치에 있어서, 속도 연산 수단에 의해 연산된 상대적 이동 속도의 크기를 표시하는 속도 표시 수단을 구비하도록 할 수 있다. 그에 따르면, 인접하는 개질 스폿간의 거리의 크기의 입력에 근거하여 레이저 가공장치를 동작시키는 경우, 레이저 가공 전에 상대적 이동 속도를 알 수 있다.

[0092] 본 발명에 관계되는 레이저 가공장치는 펄스폭이 1㎲ 이하인 펄스 레이저 광을 출사하는 레이저 광원과, 레이저 광원으로부터 출사되는 펄스 레이저 광의 반복 주파수의 크기를 조절하는 주파수 조절 수단과, 레이저 광원으로부터 출사된 펄스 레이저 광의 집광점의 피크 파워 밀도가 1×10^{8}(W/㎠) 이상이 되도록 펄스 레이저 광을 집광하는 집광 수단과, 집광 수단에 의해 집광된 펄스 레이저 광의 집광점을 가공 대상물의 내부에 맞추는 수단과, 가공 대상물의 절단 예정 라인에 따라 펄스 레이저 광의 집광점을 상대적으로 이동시키는 이동 수단과, 이동 수단에 의한 펄스 레이저 광의 집광점의 상대적 이동 속도의 크기를 조절하는 속도 조절 수단을 구비하고, 가공 대상물의 내부에 집광점을 맞추어 1펄스의 펄스 레이저 광을 가공 대상물에 조사함으로써, 가공 대상물의 내부에 1개의 개질 스폿이 형성되고, 가공 대상물의 내부에 집광점을 맞추고 또한 절단 예정 라인에 따라 집광점을 상대적으로 이동시켜, 복수 펄스의 펄스 레이저 광을 가공 대상물에 조사함으로써, 절단 예정 라인에 따라 가공 대상물의 내부에 복수의 개질 스폿이 형성되고, 인접하는 개질 스폿간의 거리의 크기의 입력에 근거하여, 인접하는 개질 스폿간의 거리를 이 크기로 하기 위해서, 레이저 광원으로부터 출사되는 펄스 레이저 광의 반복 주파수의 크기와 이동 수단에 의한 펄스 레이저 광의 집광점의 상대적 이동 속도의 크기의 조합을 연산하는 조합 연산 수단을 구비하고, 주파수 조절 수단은 조합 연산 수단에 의해 연산된 주파수의 크기가 되도록 레이저 광원으로부터 출사되는 펄스 레이저 광의 반복 주파수의 크기를 조절하고, 속도 조절 수단은 조합 연산 수단에 의해 연산된 상대적 이동 속도의 크기가 되도록 이동 수단에 의한 펄스 레이저 광의 집광점의 상대적 이동 속도의 크기를 조절하는 것을 특징으로 한다.

[0093] 본 발명에 관계되는 레이저 가공장치에 의하면, 인접하는 개질 스폿간의 거리의 크기의 입력에 근거하여, 인접하는 개질 스폿간의 거리를 이 크기로 하기 위해서, 펄스 레이저 광의 반복 주파수의 크기와 펄스 레이저 광의 집광점의 상대적 이동 속도의 크기의 조합을 연산하고 있다. 주파수 조절 수단 및 속도 조절 수단은 연산된 조합의 값이 되도록, 펄스 레이저 광의 반복 주파수의 크기 및 펄스 레이저 광의 집광점의 상대적 이동 속도의 크기를 조절하고 있다. 따라서, 인접하는 개질 스폿간의 거리를 원하는 크기로 할 수 있다.

[0094] 본 발명에 관계되는 레이저 가공장치에 있어서, 조합 연산 수단에 의해 연산된 주파수의 크기 및 상대적 이동 속도의 크기를 표시하는 표시 수단을 구비하도록 할 수도 있다. 그에 따르면, 인접하는 개질 스폿간의 거리의 크기의 입력에 근거하여 레이저 가공장치를 동작시키는 경우, 레이저 가공 전에 주파수와 상대적 이동 속도의 조합을 알 수 있다.

[0095] 상기한 모든 본 발명에 관계되는 레이저 가공장치에 의해, 절단 예정 라인에 따라 가공 대상물의 내부에 복수의 개질 스폿을 형성할 수 있다. 이 개질 스폿에 의해 개질 영역이 규정된다. 개질 영역은 가공 대상물의 내부에 있어서 크랙이 발생한 영역인 크랙 영역, 가공 대상물의 내부에 있어서 용융 처리한 영역인 용융 처리 영역 및 가공 대상물의 내부에 있어서 굴절율이 변화된 영역인 굴절율 변화 영역 중 적어도 어느 하나를 포함한다.

[0096] 상기한 모든 본 발명에 관계되는 레이저 가공장치에 의하면, 인접하는 개질 스폿간의 거리를 조절할 수 있기 때문에, 개질 영역을 절단 예정 라인에 따라 연속적으로 형성하거나 단속적으로 형성하거나 할 수 있다. 개질 영역을 연속적으로 형성하면, 연속적으로 형성하지 않은 경우와 비교하여 개질 영역을 기점으로 한 가공 대상물의 절단이 용이해진다. 개질 영역을 단속적으로 형성하면, 개질 영역이 절단 예정 라인에 따라 연속되지 않기 때문에, 절단 예정 라인의 개소는 어느 정도의 강도를 유지하고 있다.

[0097] (5) 본 발명에 관계되는 레이저 가공방법은, 레이저 광의 집광점을 가공 대상물의 내부에 맞추어 가공 대상물에 레이저 광을 조사함으로써, 가공 대상물의 절단 예정 라인에 따라 가공 대상물의 내부에 다광자 흡수에 의한 개질 영역을 형성하고, 또한, 가공 대상물에 조사되는 레이저 광의 가공 대상물에 대한 입사 방향에 있어서의 레이저 광의 집광점의 위치를 바꿈으로써, 개질 영역을 입사 방향에 따라 배열하도록 복수 형성하는 공정을 구비하는 것을 특징으로 한다.

[0098] 본 발명에 관계되는 레이저 가공방법에 의하면, 가공 대상물에 조사되는 레이저 광의 가공 대상물에 대한 입사 방향에 있어서의 레이저 광의 집광점의 위치를 바꿈으로써, 개질 영역을 입사 방향에 따라 배열하도록 복수개 형성하고 있다. 이 때문에, 가공 대상물을 절단할 때 기점이 되는 개소를 늘릴 수 있다. 따라서, 가공 대상물

의 두께가 비교적 큰 경우 등에 있어서도, 가공 대상물의 절단이 가능해진다. 또, 입사 방향으로서는 예를 들면 가공 대상물의 두께 방향이나 두께 방향에 직교하는 방향이 있다.

[0099] 본 발명에 관계되는 레이저 가공방법은, 레이저 광의 집광점을 가공 대상물의 내부에 맞추어 가공 대상물에 레이저 광을 조사함으로써, 가공 대상물의 절단 예정 라인에 따라 가공 대상물의 내부에 개질 영역을 형성하고, 또한, 가공 대상물에 조사되는 레이저 광의 가공 대상물에 대한 입사 방향에 있어서의 레이저 광의 집광점의 위치를 바꿈으로써, 개질 영역을 입사 방향에 따라 배열하도록 복수 형성하는 공정을 구비하는 것을 특징으로 한다. 또한, 본 발명에 관계되는 레이저 가공방법은, 레이저 광의 집광점에서의 피크 파워 밀도가 1×10^{8}(W/㎠) 이상이고 펄스폭이 1㎲ 이하인 조건으로, 레이저 광의 집광점을 가공 대상물의 내부에 맞추어 가공 대상물에 레이저 광을 조사함으로써, 가공 대상물의 절단 예정 라인에 따라 가공 대상물의 내부에 개질 영역을 형성하고, 또한, 가공 대상물에 조사되는 레이저 광의 가공 대상물에 대한 입사 방향에 있어서의 레이저 광의 집광점의 위치를 바꿈으로써, 개질 영역을 입사 방향에 따라 배열하도록 복수 형성하는 공정을 구비하는 것을 특징으로 한다.

[0100] 이들의 본 발명에 관계되는 레이저 가공방법은, 상기 본 발명에 관계되는 레이저 가공방법과 같은 이유에 의해, 가공 대상물의 표면에 불필요한 균열을 발생시키지 않고 또한 그 표면이 용융하지 않고 레이저 가공을 할 수 있고 또한 가공 대상물을 절단할 때 기점이 되는 개소를 늘릴 수 있다. 단, 개질 영역의 형성은 다광자 흡수가 원인인 경우도 있고, 다른 원인인 경우도 있다.

[0101] 본 발명에 관계되는 레이저 가공방법에는 이하인 예가 있다.

[0102] 복수의 개질 영역은, 가공 대상물에 조사되는 레이저 광이 입사되는 가공 대상물의 입사면에 대하여 먼 쪽부터 순차로 형성하도록 할 수 있다. 그에 따르면, 입사면과 레이저 광의 집광점과 사이에 개질 영역이 없는 상태로 복수의 개질 영역을 형성할 수 있다. 따라서, 레이저 광이 이미 형성된 개질 영역에 의해 산란되지 않기 때문에, 각 개질 영역을 균일하게 형성할 수 있다.

[0103] 또, 개질 영역은, 가공 대상물의 내부에 있어서 크랙이 발생한 영역인 크랙 영역, 내부에 있어서 용융 처리한 영역인 용융 처리 영역 및 내부에 있어서 굴절율이 변화된 영역인 굴절율 변화 영역 중 적어도 어느 하나를 포함한다.

[0104] (6) 본 발명에 관계되는 레이저 가공방법은, 레이저 광의 집광점을 가공 대상물의 레이저 광의 입사면을 넘어 가공 대상물의 내부에 맞추고 또한 가공 대상물의 두께 방향에서 두께의 반의 위치보다 입사면에 가까운 위치 또는 먼 위치로 조절하여, 가공 대상물에 레이저 광을 조사함으로써, 가공 대상물의 절단 예정 라인에 따라 가공 대상물의 내부에 다광자 흡수에 의한 개질 영역을 형성하는 공정을 구비하는 것을 특징으로 한다.

[0105] 본 발명에 관계되는 레이저 가공방법에 의하면, 레이저 광의 집광점을 가공 대상물의 두께 방향에서 두께의 반의 위치보다 입사면에 가까운 위치로 조절하면 개질 영역은 가공 대상물의 내부 중의 입사면(예를 들면 표면)측에 형성되고, 한편, 입사면에 먼 위치로 조절하면 개질 영역은 가공 대상물의 내부 중의 입사면과 대향하는 면(예를 들면 이면)측에 형성된다. 절단 예정 라인에 따른 균열을 가공 대상물의 표면 또는 이면에 생기게 하면 가공 대상물을 용이하게 절단할 수 있다. 본 발명에 관계되는 레이저 가공방법에 의하면, 개질 영역을 가공 대상물의 내부 중의 표면측 또는 이면측에 형성할 수 있다. 따라서, 절단 예정 라인에 따른 균열을 표면 또는 이면에 형성되기 쉽게 할 수 있기 때문에, 용이하게 가공 대상물을 절단할 수 있다. 그 결과, 본 발명에 관계되는 레이저 가공방법에 의하면 효율이 좋은 절단이 가능해진다.

[0106] 본 발명에 관계되는 레이저 가공방법에 있어서, 입사면에는 전자 디바이스 및 전극 패턴 중 적어도 한쪽이 형성되어 있고, 가공 대상물에 조사되는 레이저 광의 집광점은 두께 방향에서 두께의 반의 위치보다 입사면에 가까운 위치로 조절되도록 할 수 있다. 본 발명에 관계되는 레이저 가공방법에 의하면, 개질 영역으로부터 크랙을 가공 대상물의 입사면(예를 들면 표면) 및 대향하는 면(예를 들면 이면) 방향으로 성장시킴으로써, 가공 대상물이 절단된다. 개질 영역을 입사면측에 형성하면, 개질 영역과 입사면의 거리가 비교적 짧기 때문에, 크랙의 성장 방향의 어긋남을 작게 할 수 있다. 따라서, 가공 대상물의 입사면에 전자 디바이스나 전극 패턴이 형성되어 있는 경우, 전자 디바이스 등을 손상시키지 않고 절단이 가능해진다. 또, 전자 디바이스는 반도체 소자, 액정 등의 표시장치, 압전 소자 등을 의미한다.

[0107] 본 발명에 관계되는 레이저 가공방법은, 레이저 광의 집광점을 가공 대상물의 내부에 맞추어 가공 대상물에 레이저 광을 조사함으로써, 가공 대상물의 절단 예정 라인에 따라 가공 대상물의 내부에 다광자 흡수에 의한 개질 영역을 형성하는 제 1 공정과, 제 1 공정 후, 레이저 광의 집광점을 가공 대상물의 두께 방향에서 제 1 공정에

서의 레이저 광의 집광 위치와 다른 위치에 가공 대상물의 내부에 맞추어 가공 대상물에 레이저 광을 조사함으로써, 가공 대상물의 다른 절단 예정 라인에 따라 가공 대상물의 내부에 다광자 흡수에 의한 다른 개질 영역을 개질 영역과 입체 교차하도록 형성하는 제 2 공정을 구비하는 것을 특징으로 한다.

[0108] 본 발명에 관계되는 레이저 가공방법에 의하면, 가공 대상물의 절단면끼리가 교차하는 절단에 있어서, 절단면끼리의 교차 장소가 되는 개소에서 개질 영역 이외의 개질 영역이 중첩하지 않기 때문에, 교차 장소가 되는 개소의 절단 정밀도의 저하를 막을 수 있다. 그에 따라, 정밀도가 좋은 절단이 가능해진다.

[0109] 본 발명에 관계되는 레이저 가공방법에 있어서, 다른 개질 영역을 개질 영역보다도 가공 대상물의 레이저 광의 입사면측에 형성할 수 있다. 그에 따르면, 교차 장소가 되는 개소에서 다른 개질 영역 형성시에 조사되는 레이저 광이 개질 영역에 의해 산란되지 않기 때문에, 다른 개질 영역을 균일하게 형성할 수 있다.

[0110] 이상 설명한 본 발명에 관계되는 레이저 가공방법에는 이하인 예가 있다.

[0111] 가공 대상물에 레이저 광을 조사하는 조건을 레이저 광의 집광점에서의 피크 파워 밀도를 1×10^{8}(W/㎠) 이상으로 하고 펄스폭을 1㎲ 이하로 함으로써, 가공 대상물의 내부에 크랙 영역을 포함하는 개질 영역을 형성할 수도 있다. 그에 따르면, 가공 대상물의 내부에서는 다광자 흡수에 의한 광학적 손상이라는 현상이 발생한다. 이 광학적 손상에 의해 가공 대상물의 내부에 열 일그러짐이 유발되고, 그에 따라 가공 대상물의 내부에 크랙 영역이 형성된다. 이 크랙 영역은 상기 개질 영역의 일례이다. 이 레이저 가공방법의 가공 대상물로서는 예를 들면, 유리를 포함하는 부재가 있다. 또, 피크 파워 밀도는 펄스 레이저 광의 집광점의 전계 강도를 의미한다.

[0112] 가공 대상물에 레이저 광을 조사하는 조건을 레이저 광의 집광점에서의 피크 파워 밀도를 1×10^{8}(W/㎠) 이상으로 펄스폭을 1㎲ 이하로 함으로써, 가공 대상물의 내부에 용융 처리 영역을 포함하는 개질 영역을 형성할 수도 있다. 그에 따르면, 가공 대상물의 내부는 다광자 흡수에 의해서 국소적으로 가열된다. 이 가열에 의해 가공 대상물의 내부에 용융 처리 영역이 형성된다. 이 용융 처리 영역은 상기 개질 영역의 일례이다. 이 레이저 가공방법의 가공 대상물로서는 예를 들면, 반도체 재료를 포함하는 부재가 있다.

[0113] 가공 대상물에 레이저 광을 조사하는 조건을 레이저 광의 집광점에서의 피크 파워 밀도를 1×10^{8}(W/㎠) 이상으로 펄스폭을 1ns 이하로 함으로써, 가공 대상물의 내부에 굴절율이 변화된 영역인 굴절율 변화 영역을 포함하는 개질 영역을 형성할 수도 있다. 이와 같이 펄스폭을 지극히 짧게 하여, 다광자 흡수를 가공 대상물의 내부에 일으키면, 다광자 흡수에 의한 에너지가 열 에너지로 전화되지 않고, 가공 대상물의 내부에는 이온 가수 변화, 결정화 또는 분극 배향 등의 영속적인 구조 변화가 유발되어 굴절율 변화 영역이 형성된다. 이 굴절율 변화 영역은 상기 개질 영역의 일례이다. 이 레이저 가공방법의 가공 대상물로서는 예를 들면, 유리를 포함하는 부재가 있다.

[0114] 가공 대상물에 조사되는 레이저 광의 집광점의 두께 방향에 있어서의 위치의 조절은, 가공 대상물에 조사되는 레이저 광의 집광점의 두께 방향에 있어서의 원하는 위치를 입사면에서 내부까지의 거리로 하고, 이 거리를 가공 대상물에 조사되는 레이저 광에 대한 가공 대상물의 굴절율로 나눔으로써, 두께 방향에 있어서의 가공 대상물의 상대적 이동량의 데이터를 연산하는 연산 공정과, 가공 대상물에 조사되는 레이저 광의 집광점을 입사면에 위치시키는 데 필요한 두께 방향에 있어서의 가공 대상물의 다른 상대적 이동량의 데이터를 연산하는 다른 연산 공정과, 다른 상대적 이동량의 데이터에 근거하여 가공 대상물을 두께 방향으로 상대적으로 이동시키는 이동 공정과, 이동 공정 후, 상대적 이동량의 데이터에 근거하여 가공 대상물을 두께 방향으로 상대적으로 이동시키는 다른 이동 공정을 포함하도록 할 수 있다. 그에 따르면, 가공 대상물의 두께 방향에 있어서의 레이저 광의 집광점의 위치를 입사면을 기준으로 하여 가공 대상물의 내부의 소정 위치로 조절하고 있다. 즉, 입사면을 기준으로 하는 경우, 가공 대상물의 두께 방향에 있어서의 가공 대상물의 상대적 이동량과 가공 대상물에 조사되는 레이저 광에 대한 가공 대상물의 굴절율의 곱이 입사면에서 레이저 광의 집광점까지의 거리가 된다. 따라서, 입사면에서 가공 대상물의 내부까지의 거리를 상기 굴절율로 나눔으로써 얻어진 상대적 이동량만큼 가공 대상물을 이동시키면, 레이저 광의 집광점을 가공 대상물의 두께 방향에 있어서의 원하는 위치에 맞출 수 있다.

[0115] 본 발명에 관계되는 레이저 가공장치는 펄스폭이 1㎲ 이하인 펄스 레이저 광을 출사하는 레이저 광원과, 레이저 광원으로부터 출사된 펄스 레이저 광의 집광점의 피크 파워 밀도가 1×10^{8}(W/㎠) 이상이 되도록 펄스 레이저 광을 집광하는 집광 수단과, 가공 대상물의 절단 예정 라인에 따라 집광 수단에 의해 집광된 펄스 레이저 광의 집광점을 상대적으로 이동시키는 이동 수단과, 집광 수단에 의해 집광된 펄스 레이저 광의 집광점을 가공 대상물의 내부의 원하는 위치에 맞추기 위한 두께 방향에 있어서의 가공 대상물의 상대적 이동량의 데이터이고, 원하

는 위치를 레이저 광원으로부터 출사된 펄스 레이저 광이 가공 대상물에 입사되는 입사면에서 내부까지의 거리로 하고, 이 거리를 레이저 광원으로부터 출사되는 펄스 레이저 광에 대한 가공 대상물의 굴절율로 나눔으로써 얻어진 상대적 이동량의 데이터를 기억하는 기억 수단과, 집광 수단에 의해 집광된 펄스 레이저 광의 집광점을 입사면에 맞추는 데 필요한 두께 방향에 있어서의 가공 대상물의 다른 상대적 이동량의 데이터를 연산하는 연산 수단과, 기억 수단에 의해 기억된 상대적 이동량의 데이터 및 연산 수단에 의해 연산된 다른 상대적 이동량의 데이터에 근거하여 가공 대상물을 두께 방향으로 상대적으로 이동시키는 다른 이동 수단을 구비하는 것을 특징으로 한다.

[0116] 또한, 본 발명에 관계되는 레이저 가공장치는 펄스폭이 1㎲ 이하인 펄스 레이저 광을 출사하는 레이저 광원과, 레이저 광원으로부터 출사된 펄스 레이저 광의 집광점의 피크 파워 밀도가 1×10^{8}(W/㎠) 이상이 되도록 펄스 레이저 광을 집광하는 집광 수단과, 집광 수단에 의해 집광된 펄스 레이저 광의 집광점을 가공 대상물의 내부에 맞추는 수단과, 집광 수단에 의해 집광된 펄스 레이저 광의 집광점의 위치를 가공 대상물의 두께의 범위 내에서 조절하는 수단과, 가공 대상물의 절단 예정 라인에 따라 펄스 레이저 광의 집광점을 상대적으로 이동시키는 이동 수단을 구비하는 것을 특징으로 한다.

[0117] 이들의 본 발명에 관계되는 레이저 가공장치에 의하면, 상기 본 발명에 관계되는 레이저 가공방법과 같은 이유에 의해, 가공 대상물의 표면에 용융이나 절단 예정 라인으로부터 벗어난 불필요한 균열을 발생시키지 않는 레이저 가공이나, 가공 대상물의 내부에 있어서 가공 대상물의 두께 방향에 있어서의 펄스 레이저 광의 집광점의 위치를 제어한 레이저 가공이 가능해진다.

발명의 효과

[0118] 이들의 본 발명에 관계되는 레이저 가공장치에 의하면, 상기 본 발명에 관계되는 레이저 가공방법과 같은 이유에 의해, 가공 대상물의 표면에 용융이나 절단 예정 라인으로부터 벗어난 불필요한 균열을 발생시키지 않는 레이저 가공이나, 가공 대상물의 내부에 있어서 가공 대상물의 두께 방향에 있어서의 펄스 레이저 광의 집광점의 위치를 제어한 레이저 가공이 가능해진다.

[0119] 본 발명에 관계되는 레이저 가공방법 및 레이저 가공장치에 의하면, 가공 대상물의 표면에 용융이나 절단 예정 라인으로부터 벗어난 균열이 생기지 않고, 가공 대상물을 절단할 수 있다. 따라서, 가공 대상물을 절단함으로써 제작되는 제품(예를 들면, 반도체칩, 압전 디바이스칩, 액정 등의 표시장치)의 제품 비율이나 생산성을 향상시킬 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0120] 도 1은 본 실시예에 관계되는 레이저 가공방법에 의해서 레이저 가공 중인 가공 대상물의 평면도.

도 2는 도 1에 도시된 가공 대상물의 II-II선에 따른 단면도.

도 3은 본 실시예에 관계되는 레이저 가공방법에 의한 레이저 가공 후의 가공 대상물의 평면도.

도 4는 도 3에 도시된 가공 대상물의 IV-IV선에 따른 단면도.

도 5는 도 3에 도시된 가공 대상물의 V-V선에 따른 단면도.

도 6은 본 실시예에 관계되는 레이저 가공방법에 의해서 절단된 가공 대상물의 평면도.

도 7은 본 실시예에 관계되는 레이저 가공방법에 있어서의 전계 강도와 크랙의 크기의 관계를 도시된 그래프.

도 8은 본 실시예에 관계되는 레이저 가공방법의 제 1 공정에서의 가공 대상물의 단면도.

도 9는 본 실시예에 관계되는 레이저 가공방법의 제 2 공정에서의 가공 대상물의 단면도.

도 10은 본 실시예에 관계되는 레이저 가공방법의 제 3 공정에서의 가공 대상물의 단면도.

도 11은 본 실시예에 관계되는 레이저 가공방법의 제 4 공정에서의 가공 대상물의 단면도.

도 12는 본 실시예에 관계되는 레이저 가공방법에 의해 절단된 실리콘 웨이퍼의 일부에서의 단면 사진을 나타낸 도면.

도 13은 본 실시예에 관계되는 레이저 가공방법에 있어서의 레이저 광의 파장과 실리콘기판 내부의 투과율의 관

계를 도시된 그래프.

도 14는 본 실시예의 제 1 예에 관계되는 레이저 가공방법에 사용할 수 있는 레이저 가공장치의 개략 구성도.

도 15는 본 실시예의 제 1 예에 관계되는 레이저 가공방법을 설명하기 위한 플로 차트.

도 16은 본 실시예의 제 1 예에 관계되는 레이저 가공방법에 의해 절단 가능한 패턴을 설명하기 위한 가공 대상물의 평면도.

도 17은 레이저 광원이 복수에 관한 본 실시예의 제 1 예에 관계되는 레이저 가공방법을 설명하는 모식도.

도 18은 레이저 광원이 복수에 관한 본 실시예의 제 1 예에 관계되는 다른 레이저 가공방법을 설명하는 모식도.

도 19는 본 실시예의 제 2 예에 있어서, 웨이퍼 시트에 유지된 상태의 압전 소자 웨이퍼를 도시된 개략 평면도.

도 20은 본 실시예의 제 2 예에 있어서, 웨이퍼 시트에 유지된 상태의 압전 소자 웨이퍼를 도시된 개략 단면도.

도 21은 본 실시예의 제 2 예에 관계되는 절단방법을 설명하기 위한 플로 차트.

도 22는 본 실시예의 제 2 예에 관계되는 절단방법에 의해 레이저 광이 조사되어 있는 광투과성 재료의 단면도.

도 23은 본 실시예의 제 2 예에 관계되는 절단방법에 의해 레이저 광이 조사된 광투과성 재료의 평면도.

도 24는 도 23에 도시된 광투과성 재료의 XXIV-XXIV선에 따른 단면도

도 25는 도 23에 도시된 광투과성 재료의 XXV-XXV선에 따른 단면도.

도 26은 집광점의 이동 속도를 느리게 한 경우에 있어서의 도 23에 도시된 광투과성 재료의 XXV-XXV선에 따른 단면도.

도 27은 집광점의 이동 속도를 더욱 느리게 한 경우에 있어서의 도 23에 도시된 광투과성 재료의 XXV-XXV선에 따른 단면도.

도 28은 본 실시예의 제 2 예에 관계되는 절단방법의 제 1 공정을 도시된 압전 소자 웨이퍼 등의 단면도.

도 29는 본 실시예의 제 2 예에 관계되는 절단방법의 제 2 공정을 도시된 압전 소자 웨이퍼 등의 단면도.

도 30은 본 실시예의 제 2 예에 관계되는 절단방법의 제 3 공정을 도시된 압전 소자 웨이퍼 등의 단면도.

도 31은 본 실시예의 제 2 예에 관계되는 절단방법의 제 4 공정을 도시된 압전 소자 웨이퍼 등의 단면도.

도 32는 본 실시예의 제 2 예에 관계되는 절단방법의 제 5 공정을 도시된 압전 소자 웨이퍼 등의 단면도.

도 33은 직선 편광의 펄스 레이저 광을 조사함으로써 내부에 크랙 영역이 형성된 샘플의 평면 사진을 나타낸 도면.

도 34는 원 편광의 펄스 레이저 광을 조사함으로써 내부에 크랙 영역이 형성된 샘플의 평면 사진을 나타낸 도면.

도 35는 도 33에 도시된 샘플의 XXXV-XXXV선에 따른 단면도.

도 36은 도 34에 도시된 샘플의 XXXVI-XXXVI선에 따른 단면도.

도 37은 본 실시예의 제 3 예에 관계되는 레이저 가공방법에 의해 크랙 영역이 형성된 가공 대상물의 절단 예정 라인에 따른 부분의 평면도.

도 38은 비교가 되는 레이저 가공방법에 의해 크랙 영역이 형성된 가공 대상물의 절단 예정 라인에 따른 부분의 평면도.

도 39는 본 실시예의 제 3 예에 관계되는 타원 편광을 한 레이저 광과 그것에 의하여 형성되는 크랙 영역을 도시된 도면.

도 40은 본 실시예의 제 3 예에 관계되는 레이저 가공장치의 개략 구성도.

도 41은 본 실시예의 제 3 예에 관계되는 타원율 조절부에 포함되는 1/4 파장판의 사시도.

도 42는 본 실시예의 제 3 예에 관계되는 90° 회전 조절부에 포함되는 1/2 파장판의 사시도.

도 43은 본 실시예의 제 3 예에 관계되는 레이저 가공방법을 설명하기 위한 플로 차트.

도 44는 본 실시예의 제 3 예에 관계되는 레이저 가공방법에 의해 타원 편광을 갖는 레이저 광이 조사된 실리콘 웨이퍼의 평면도.

도 45는 본 실시예의 제 3 예에 관계되는 레이저 가공방법에 의해 직선 편광을 갖는 레이저 광이 조사된 실리콘 웨이퍼의 평면도.

도 46은 도 44에 도시된 실리콘 웨이퍼에 본 실시예의 제 3 예에 관계되는 레이저 가공방법에 의해 타원 편광을 갖는 레이저 광이 조사된 실리콘 웨이퍼의 평면도.

도 47은 도 45에 도시된 실리콘 웨이퍼에 본 실시예의 제 3 예에 관계되는 레이저 가공방법에 의해 직선 편광을 갖는 레이저 광이 조사된 실리콘 웨이퍼의 평면도.

도 48은 본 실시예의 제 4 예에 관계되는 레이저 가공장치의 개략 구성도.

도 49는 도 44에 도시된 실리콘 웨이퍼에 본 실시예의 제 4 예에 관계되는 레이저 가공방법에 의해 타원 편광을 갖는 레이저 광이 조사된 실리콘 웨이퍼의 평면도.

도 50은 본 실시예의 제 5 예에 관계되는 레이저 가공방법을 사용하여 크랙 스폿을 비교적 크게 형성한 경우의 가공 대상물의 평면도.

도 51은 도 50에 도시된 절단 예정 라인상의 LI-LI에 따라 절단한 단면도.

도 52는 도 50에 도시된 절단 예정 라인과 직교하는 LII-LII에 따라 절단한 단면도.

도 53은 도 50에 도시된 절단 예정 라인과 직교하는 LIII-LIII에 따라 절단한 단면도.

도 54는 도 50에 도시된 절단 예정 라인과 직교하는 LIV-LIV에 따라 절단한 단면도.

도 55는 도 50에 도시된 가공 대상물을 절단 예정 라인에 따라 절단한 평면도.

도 56은 본 실시예의 제 5 예에 관계되는 레이저 가공방법을 사용하여 크랙 스폿을 비교적 작게 형성한 경우의 절단 예정 라인에 따른 가공 대상물의 단면도.

도 57은 도 56에 도시된 가공 대상물을 절단 예정 라인에 따라 절단한 평면도.

도 58은 소정의 개구수의 집광용 렌즈를 사용하여 펄스 레이저 광이 가공 대상물의 내부에 집광되어 있는 상태를 도시된 가공 대상물의 단면도.

도 59는 도 58에 도시된 레이저 광의 조사에 의한 다광자 흡수가 원인이 되어 형성된 크랙 스폿을 포함하는 가공 대상물의 단면도.

도 60은 도 58에 도시된 예보다 큰 개구수의 집광용 렌즈를 사용한 경우의 가공 대상물의 단면도.

도 61은 도 60에 도시된 레이저 광의 조사에 의한 다광자 흡수가 원인이 되어 형성된 크랙 스폿을 포함하는 가공 대상물의 단면도.

도 62는 도 58에 도시된 예보다 작은 파워의 펄스 레이저 광을 사용한 경우의 가공 대상물의 단면도.

도 63은 도 62에 도시된 레이저 광의 조사에 의한 다광자 흡수가 원인이 되어 형성된 크랙 스폿을 포함하는 가공 대상물의 단면도.

도 64는 도 60에 도시된 예보다 작은 파워의 펄스 레이저 광을 사용한 경우의 가공 대상물의 단면도.

도 65는 도 64에 도시된 레이저 광의 조사에 의한 다광자 흡수가 원인이 되어 형성된 크랙 스폿을 포함하는 가공 대상물의 단면도.

도 66은 도 57에 도시된 절단 예정 라인과 교차하는 LXVI-LXVI에 따라 절단한 단면도.

도 67은 본 실시예의 제 5 예에 관계되는 레이저 가공장치의 개략 구성도.

도 68은 본 실시예의 제 5 예에 관계되는 레이저 가공장치에 구비되는 전체 제어부의 일례의 일부분을 도시된 블록도.

도 69는 본 실시예의 제 5 예에 관계되는 레이저 가공장치의 전체 제어부에 포함되는 상관관계 기억부의 테이블의 일례를 도시된 도면.

도 70은 본 실시예의 제 5 예에 관계되는 레이저 가공장치의 전체 제어부에 포함되는 상관관계 기억부의 테이블의 다른 예를 도시된 도면.

도 71은 본 실시예의 제 5 예에 관계되는 레이저 가공장치의 전체 제어부에 포함되는 상관관계 기억부의 테이블의 더욱 다른 예를 도시된 도면.

도 72는 본 실시예의 제 6 예에 관계되는 레이저 가공장치의 개략 구성도.

도 73은 빔 익스팬더가 배치되어 있지 않은 경우의 집광용 렌즈에 의한 레이저 광의 집광을 도시된 도면.

도 74는 빔 익스팬더가 배치되어 있는 경우의 집광용 렌즈에 의한 레이저 광의 집광을 도시된 도면.

도 75는 본 실시예의 제 7 예에 관계되는 레이저 가공장치의 개략 구성도.

도 76은 홍채 조리개가 배치되어 있지 않은 경우의 집광용 렌즈에 의한 레이저 광의 집광을 도시된 도면.

도 77은 홍채 조리개가 배치되어 있는 경우의 집광용 렌즈에 의한 레이저 광의 집광을 도시된 도면.

도 78은 본 실시예의 본 실시예의 레이저 가공장치의 변형예에 구비되는 전체 제어부의 일례의 블록도.

도 79는 본 실시예의 레이저 가공장치의 변형예에 구비되는 전체 제어부의 다른 예의 블록도.

도 80은 본 실시예의 레이저 가공장치의 변형예에 구비되는 전체 제어부의 더욱 다른 예의 블록도.

도 81은 본 실시예의 제 8 예에 관계되는 레이저 가공에 의해 크랙 영역이 형성된 가공 대상물의 절단 예정 라인에 따른 부분의 일례의 평면도.

도 82는 본 실시예의 제 8 예에 관계되는 레이저 가공에 의해 크랙 영역이 형성된 가공 대상물의 절단 예정 라인에 따른 부분의 다른 예의 평면도.

도 83은 본 실시예의 제 8 예에 관계되는 레이저 가공에 의해 크랙 영역이 형성된 가공 대상물의 절단 예정 라인에 따른 부분의 더욱 다른 예의 평면도.

도 84는 본 실시예의 제 8 예에 관계되는 레이저 가공장치의 레이저 광원에 구비되는 Q스위치 레이저의 개략 구성도.

도 85는 본 실시예의 제 8 예에 관계되는 레이저 가공장치의 전체 제어부의 일례의 일부분을 도시된 블록도.

도 86은 본 실시예의 제 8 예에 관계되는 레이저 가공장치의 전체 제어부의 다른 예의 일부분을 도시된 블록도.

도 87은 본 실시예의 제 8 예에 관계되는 레이저 가공장치의 전체 제어부의 다른 예의 일부분을 도시된 블록도.

도 88은 본 실시예의 제 8 예에 관계되는 레이저 가공장치의 전체 제어부의 다른 예의 일부분을 도시된 블록도.

도 89는 본 실시예의 제 9 예에 관계되는 레이저 가공방법을 이용하여 가공 대상물의 내부에 크랙 영역이 형성된 가공 대상물의 일례의 사시도.

도 90은 도 89에 도시된 크랙 영역에서 연장된 크랙이 형성된 가공 대상물의 사시도.

도 91은 본 실시예의 제 9 예에 관계되는 레이저 가공방법을 사용하여 가공 대상물의 내부에 크랙 영역이 형성된 가공 대상물의 다른 예의 사시도.

도 92는 본 실시예의 제 9 예에 관계되는 레이저 가공방법을 사용하여 가공 대상물의 내부에 크랙 영역이 형성된 가공 대상물의 더욱 다른 예의 사시도.

도 93은 레이저 광의 집광점이 가공 대상물의 표면에 위치하고 있는 상태를 도시된 도면.

도 94는 레이저 광의 집광점이 가공 대상물의 내부에 위치하고 있는 상태를 도시된 도면.

도 95는 본 실시예의 제 9 예에 관계되는 레이저 가공방법을 설명하기 위한 플로 차트.

도 96은 본 실시예의 제 10 예에 관계되는 레이저 가공방법을 사용하여 가공 대상물의 내부에 크랙 영역이 형성된 가공 대상물의 일례의 사시도.

도 97은 도 96에 도시된 가공 대상물의 부분 단면도.

도 98은 본 실시예의 제 10 예에 관계되는 레이저 가공방법을 사용하여 가공 대상물의 내부에 크랙 영역이 형성된 가공 대상물의 다른 예의 사시도.

도 99는 도 98에 도시된 가공 대상물의 부분 단면도.

도 100은 본 실시예의 제 10 예에 관계되는 레이저 가공방법을 사용하여 가공 대상물의 내부에 크랙 영역이 형성된 가공 대상물의 더욱 다른 예의 사시도.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0121] 이하, 본 발명의 적절한 실시예에 대해서 도면을 참조하여 설명한다. 본 실시예에 관계되는 레이저 가공방법 및 레이저 가공장치는 다광자(multiple photon) 흡수에 의해 개질 영역을 형성하고 있다. 다광자 흡수는 레이저 광의 강도를 대단히 크게 한 경우에 발생하는 현상이다. 우선, 다광자 흡수에 대해서 간단히 설명한다.

[0122] 재료의 흡수 밴드 갭(E_G)보다도 광자의 에너지($h\nu$)가 작으면 광학적으로 투명해진다. 따라서, 재료에 흡수가 생기는 조건은 $h\nu > E_G$이다. 그러나, 광학적으로 투명하여도, 레이저 광의 강도를 대단히 크게 하면 $nh\nu > E_G$의 조건(n=2, 3, 4,…이다)에서 재료에 흡수가 생긴다. 이 현상을 다광자 흡수라고 한다. 펄스파의 경우, 레이저 광의 강도는 레이저 광의 집광점의 피크 파워 밀도(W/㎠)로 결정되어, 예를 들면 피크 파워 밀도가 1×10^8(W/㎠) 이상의 조건에서 다광자 흡수가 생긴다. 피크 파워 밀도는 (집광점에서의 레이저 광의 1펄스당의 에너지)÷(레이저 광의 빔 스폿 단면적×펄스폭)으로 구해진다. 또한, 연속파의 경우, 레이저 광의 강도는 레이저 광의 집광점의 전계 강도(W/㎠)로 결정된다.

[0123] 이러한 다광자 흡수를 이용하는 본 실시예에 관계되는 레이저 가공의 원리에 대해서 도 1 내지 도 6을 참조하여 설명한다. 도 1은 레이저 가공 중인 가공 대상물(1)의 평면도이고, 도 2는 도 1에 도시된 가공 대상물(1)의 II-II선에 따른 단면도이고, 도 3은 레이저 가공 후의 가공 대상물(1)의 평면도이고, 도 4는 도 3에 도시된 가공 대상물(1)의 IV-IV선에 따른 단면도이고, 도 5는 도 3에 도시된 가공 대상물(1)의 V-V선에 따른 단면도이고, 도 6은 절단된 가공 대상물(1)의 평면도이다.

[0124] 도 1 및 도 2에 도시된 바와 같이, 가공 대상물(1)의 표면(3)에는 절단 예정 라인(5)이 있다. 절단 예정 라인(5)은 직선형으로 연장된 가상선이다. 본 실시예에 관계되는 레이저 가공은, 다광자 흡수가 생기는 조건으로 가공 대상물(1)의 내부에 집광점(P)을 맞추어 레이저 광(L)을 가공 대상물(1)에 조사하여 개질 영역(7)을 형성한다. 또, 집광점은 레이저 광(L)이 집광한 개소이다.

[0125] 레이저 광(L)을 절단 예정 라인(5)에 따라(즉 화살 표시 A방향에 따라) 상대적으로 이동시킴으로써, 집광점(P)을 절단 예정 라인(5)에 따라 이동시킨다. 그에 따라, 도 3 내지 도 5에 도시된 바와 같이 개질 영역(7)이 절단 예정 라인(5)에 따라 가공 대상물(1)의 내부에만 형성된다. 본 실시예에 관계되는 레이저 가공방법은, 가공 대상물(1)이 레이저 광(L)을 흡수함으로써 가공 대상물(1)을 발열시켜서 개질 영역(7)을 형성하는 것은 아니다. 가공 대상물(1)에 레이저 광(L)을 투과시키고 가공 대상물(1)의 내부에 다광자 흡수를 발생시켜서 개질 영역(7)을 형성하고 있다. 따라서, 가공 대상물(1)의 표면(3)에서는 레이저 광(L)이 거의 흡수되지 않기 때문에, 가공 대상물(1)의 표면(3)이 용융하지 않는다.

[0126] 가공 대상물(1)의 절단에 있어서, 절단하는 개소에 기점이 있으면 가공 대상물(1)은 그 기점으로부터 갈라지게 되기 때문에, 도 6에 도시된 바와 같이 비교적 작은 힘으로 가공 대상물(1)을 절단할 수 있다. 따라서, 가공 대상물(1)의 표면(3)에 불필요한 균열을 발생시키지 않고 가공 대상물(1)의 절단이 가능해진다.

[0127] 또, 개질 영역을 기점으로 한 가공 대상물의 절단은, 다음 2가지가 고려된다. 하나는 개질 영역 형성 후, 가공 대상물에 인위적인 힘이 인가됨으로써, 개질 영역을 기점으로 하여 가공 대상물이 갈라지게 되어, 가공 대상물

이 절단되는 경우이다. 이것은, 예를 들면 가공 대상물의 두께가 큰 경우의 절단이다. 인위적인 힘이 인가된다는 것은, 예를 들면, 가공 대상물의 절단 예정 라인에 따라 가공 대상물에 굴곡 응력이나 선단 응력을 가하거나, 가공 대상물에 온도차를 부여함으로써 열 응력을 발생시키거나 하는 것이다. 다른 하나는 개질 영역을 형성함으로써, 개질 영역을 기점으로 하여 가공 대상물의 단면 방향(두께 방향)을 향해서 자연스럽게 갈라지게 되어, 결과적으로 가공 대상물이 절단되는 경우이다. 이것은, 예를 들면 가공 대상물의 두께가 작은 경우, 개질 영역이 1개라도 가능하고, 가공 대상물의 두께가 큰 경우, 두께 방향에 복수의 개질 영역을 형성하는 것으로 가능해진다. 또, 이 자연스럽게 갈라지게 되는 경우도, 절단하는 개소의 표면상에서, 개질 영역이 형성되어 있지 않은 부분까지 균열이 생기지 않고, 개질부를 형성한 부분만을 분할할 수 있기 때문에, 분할을 제어가 좋게 할 수 있다. 근년, 실리콘 웨이퍼 등의 반도체 웨이퍼의 두께는 얇아지는 경향이 있기 때문에, 이러한 제어성이 좋은 분할방법은 대단히 유효하다.

[0128] 그런데, 본 실시예에 있어서 다광자 흡수에 의해 형성되는 개질 영역으로서, 다음의 (1) 내지 (3)이 있다.

[0129] (1) 개질 영역이 하나 또는 복수의 크랙을 포함하는 크랙 영역의 경우

[0130] 레이저 광을 가공 대상물(예를 들면 유리나 $LiTaO_3$로 이루어지는 압전 재료)의 내부에 집광점을 맞추어, 집광점에서의 전계 강도가 1×10^{8}(W/㎠) 이상이고 또한 펄스폭이 1㎲ 이하인 조건으로 조사한다. 이 펄스폭의 크기는 다광자 흡수를 발생시키면서 가공 대상물 표면에 불필요한 손상을 주지 않고, 가공 대상물의 내부에만 크랙 영역을 형성할 수 있는 조건이다. 그에 따라, 가공 대상물의 내부에는 다광자 흡수에 의한 광학적 손상이라는 현상이 발생한다. 이 광학적 손상에 의해 가공 대상물의 내부에 열 일그러짐이 유발되고, 그에 따라 가공 대상물의 내부에 크랙 영역이 형성된다. 전계 강도의 상한치로서는 예를 들면 1×10^{12}(W/㎠)이다. 펄스폭은 예를 들면 1ns 내지 200ns가 바람직하다. 또, 다광자 흡수에 의한 크랙 영역의 형성은, 예를 들면, 제 45회 레이저 열가공 연구회 논문집(1998년 12월)의 23페이지 내지 28페이지의 「고체 레이저 고조파에 의한 유리기판의 내부 마킹」에 기재되어 있다.

[0131] 본 발명자는 전계 강도와 크랙의 크기의 관계를 실험에 의해 구하였다. 실험 조건은 다음과 같다.

[0132] (A) 가공 대상물 : 파이렉스(Pyrex)유리(두께 700㎛)

[0133] (B) 레이저

[0134] 광원 : 반도체 레이저 여기 Nd : YAG 레이저

[0135] 파장 : 1064㎚

[0136] 레이저 광 스폿 단면적 : 3.14×10^{-8}㎠

[0137] 발진 형태 : Q스위치 펄스

[0138] 반복 주파수 : 100㎑

[0139] 펄스폭 : 30ns

[0140] 출력 : 출력<1mJ/펄스

[0141] 레이저 광 품질 : TEM_{00}

[0142] 편광 특성 : 직선 편광

[0143] (C) 집광용 렌즈

[0144] 레이저 광파장에 대한 투과율 : 60퍼센트

[0145] (D) 가공 대상물이 배치되는 배치대의 이동 속도 : 100㎜/초

[0146] 또, 레이저 광 품질이 TEM_{00}인 것은 집광성이 높아 레이저 광의 파장 정도까지 집광 가능을 의미한다.

[0147] 도 7은 상기 실험의 결과를 도시된 그래프이다. 가로축은 피크 파워 밀도로, 레이저 광이 펄스 레이저 광이기 때문에 전계 강도는 피크 파워 밀도로 표시된다. 세로축은 1펄스의 레이저 광에 의해 가공 대상물의 내부에 형

성된 크랙 부분(크랙 스폿)의 크기를 나타내고 있다. 크랙 스폿이 모인 크랙 영역이 된다. 크랙 스폿의 크기는 크랙 스폿의 형상 중 최대의 길이가 되는 부분의 크기이다. 그래프 중의 흑색 원으로 도시된 데이터는 집광용 렌즈(C)의 배율이 100배, 개구수(NA)가 0.80인 경우이다. 한편, 그래프 중의 백색 원으로 도시된 데이터는 집광용 렌즈(C)의 배율이 50배, 개구수(NA)가 0.55인 경우이다. 피크 파워 밀도가 10^{11}(W/㎠) 정도부터 가공 대상물의 내부에 크랙 스폿이 발생하여, 피크 파워 밀도가 커짐에 따라서 크랙 스폿도 커지는 것을 알 수 있다.

[0148] 다음에, 본 실시예에 관계되는 레이저 가공에 있어서, 크랙 영역 형성에 의한 가공 대상물의 절단의 메커니즘에 대해서 도 8 내지 도 11을 참조하여 설명한다. 도 8에 도시된 바와 같이, 다광자 흡수가 생기는 조건으로 가공 대상물(1)의 내부에 집광점(P)을 맞추어 레이저 광(L)을 가공 대상물(1)에 조사하여 절단 예정 라인에 따라 내부에 크랙 영역(9)을 형성한다. 크랙 영역(9)은 하나 또는 복수의 크랙을 포함하는 영역이다. 도 9에 도시된 바와 같이 크랙 영역(9)을 기점으로 하여 크랙이 더욱 성장하여, 도 10에 도시된 바와 같이 크랙이 가공 대상물(1)의 표면(3)과 이면(21)에 도달하여, 도 11에 도시된 바와 같이 가공 대상물(1)이 갈라지게 되는 것에 의해 가공 대상물(1)이 절단된다. 가공 대상물의 표면과 이면에 도달하는 크랙은 자연스럽게 성장하는 경우도 있고, 가공 대상물에 힘이 인가됨으로써 성장하는 경우도 있다.

[0149] (2) 개질 영역이 용융 처리 영역인 경우

[0150] 레이저 광을 가공 대상물(예를 들면 실리콘과 같은 반도체 재료)의 내부에 집광점을 맞추어, 집광점에서의 전계 강도가 1×10^{8}(W/㎠) 이상이고 또한 펄스폭이 1㎲ 이하인 조건으로 조사한다. 그에 따라 가공 대상물의 내부는 다광자 흡수에 의해서 국소적으로 가열된다. 이 가열에 의해 가공 대상물의 내부에 용융 처리 영역이 형성된다. 용융 처리 영역은 일단 용융 후 재고화(再固化)된 영역, 용융 상태 중인 영역 및 용융으로부터 재고화되는 상태 중인 영역 중 적어도 어느 하나를 의미한다. 또한, 용융 처리 영역 상변화한 영역이나 결정 구조가 변화된 영역이라고도 할 수 있다. 또한, 용융 처리 영역은 단결정 구조, 비결질 구조, 다결정 구조에 있어서, 어떤 구조가 다른 구조로 변화한 영역이라고도 할 수 있다. 즉, 예를 들면, 단결정 구조로부터 비결질 구조로 변화한 영역, 단결정 구조로부터 다결정 구조로 변화한 영역, 단결정 구조로부터 비결질 구조 및 다결정 구조를 포함하는 구조로 변화한 영역을 의미한다. 가공 대상물이 실리콘 단결정 구조인 경우, 용융 처리 영역은 예를 들면 비결질 실리콘 구조이다. 또, 전계 강도의 상한치로서는 예를 들면 1×10^{12}(W/㎠)이다. 펄스폭은 예를 들면 1ns 내지 200ns가 바람직하다.

[0151] 본 발명자는 실리콘 웨이퍼의 내부에서 용융 처리 영역이 형성되는 것을 실험에 의해 확인하였다. 실험 조건은 다음과 같다.

[0152] (A) 가공 대상물 : 실리콘 웨이퍼(두께 350㎛, 외경 4인치)

[0153] (B) 레이저

[0154] 광원 : 반도체 레이저 여기 Nd : YAG 레이저

[0155] 파장 : 1064㎚

[0156] 레이저 광 스폿 단면적 : 3.14×10^{-8}㎠

[0157] 발진 형태 : Q스위치 펄스

[0158] 반복 주파수 : 100㎑

[0159] 펄스폭 : 30ns

[0160] 출력 : 20μJ/펄스

[0161] 레이저 광 품질 : TEM_{00}

[0162] 편광 특성 : 직선 편광

[0163] (C) 집광용 렌즈

[0164] 배율 : 50배

[0165] NA : 0.55

[0166] 레이저 광파장에 대한 투과율 : 60퍼센트

[0167] (D) 가공 대상물이 배치되는 배치대의 이동 속도 : 100㎜/초

[0168] 도 12는 상기 조건에서의 레이저 가공에 의해 절단된 실리콘 웨이퍼의 일부에서의 단면 사진을 나타낸 도면이다. 실리콘 웨이퍼(11)의 내부에 용융 처리 영역(13)이 형성되어 있다. 또, 상기 조건에 의해 형성된 용융 처리 영역의 두께 방향의 크기는 100㎛ 정도이다.

[0169] 용융 처리 영역(13)이 다광자 흡수에 의해 형성된 것을 설명한다. 도 13은, 레이저 광의 파장과 실리콘기판 내부의 투과율의 관계를 도시된 그래프이다. 단, 실리콘기판의 표면측과 이면측 각각의 반사 성분을 제거하여, 내부만의 투과율을 도시하고 있다. 실리콘기판의 두께(t)가 50㎛, 100㎛, 200㎛, 500㎛, 1000㎛인 각각에 대해서 상기 관계를 나타내었다.

[0170] 예를 들면, Nd : YAG 레이저의 파장인 1064㎚에서, 실리콘기판의 두께가 500㎛ 이하인 경우, 실리콘기판의 내부에서는 레이저 광이 80% 이상 투과되는 것을 알 수 있다. 도 12에 도시된 실리콘 웨이퍼(11)의 두께는 350㎛이기 때문에, 다광자 흡수에 의한 용융 처리 영역은 실리콘 웨이퍼의 중심 부근, 즉 표면으로부터 175㎛의 부분에 형성된다. 이 경우의 투과율은, 두께 200㎛의 실리콘 웨이퍼를 참고로 하면, 90% 이상이기 때문에, 레이저 광이 실리콘 웨이퍼(11)의 내부에서 흡수되는 것은 약간이고, 대부분이 투과된다. 이것은, 실리콘 웨이퍼(11)의 내부에서 레이저 광이 흡수되어, 용융 처리 영역이 실리콘 웨이퍼(11)의 내부에 형성(즉 레이저 광에 의한 통상의 가열로 용융 처리 영역이 형성)된 것이 아니라, 용융 처리 영역이 다광자 흡수에 의해 형성된 것을 의미한다. 다광자 흡수에 의한 용융 처리 영역의 형성은, 예를 들면, 용접학회 전국대회 강연 개요 제66집(2000년 4월)의 72페이지 내지 73페이지의 「피코초 펄스 레이저에 의한 실리콘의 가공 특성 평가」에 기재되어 있다.

[0171] 또, 실리콘 웨이퍼는 용융 처리 영역을 기점으로 하여 단면 방향을 향해서 균열을 발생시키고, 그 균열이 실리콘 웨이퍼의 표면과 이면에 도달함으로써, 결과적으로 절단된다. 실리콘 웨이퍼의 표면과 이면에 도달하는 이 균열은 자연스럽게 성장하는 경우도 있고, 가공 대상물에 힘이 인가됨으로써 성장하는 경우도 있다. 또, 용융 처리 영역으로부터 실리콘 웨이퍼의 표면과 이면에 균열이 자연스럽게 성장하는 것은, 일단 용융 후 재고화된 상태가 된 영역으로부터 균열이 성장하는 경우, 용융 상태의 영역에서 균열이 성장하는 경우 및 용융으로부터 재고화되는 상태의 영역에서 균열이 성장하는 경우 중 적어도 어느 하나이다. 어느쪽의 경우도 절단 후의 절단면은 도 12에 도시된 바와 같이 내부에만 용융 처리 영역이 형성된다. 가공 대상물의 내부에 용융 처리 영역을 형성하는 경우, 분할시, 절단 예정 라인으로부터 벗어난 불필요한 균열이 생기기 어렵기 때문에, 분할 제어가 용이해진다.

[0172] (3) 개질 영역이 굴절율 변화 영역인 경우

[0173] 레이저 광을 가공 대상물(예를 들면 유리)의 내부에 집광점을 맞추어, 집광점에서의 전계 강도가 1×10^{8}(W/㎠) 이상이고 또한 펄스폭이 1ns 이하인 조건으로 조사한다. 펄스폭을 지극히 짧게 하여, 다광자 흡수를 가공 대상물의 내부에 일으키면, 다광자 흡수에 의한 에너지가 열 에너지로 전화되지 않고, 가공 대상물의 내부에는 이온가수 변화, 결정화 또는 분극 배향 등의 영속적인 구조 변화가 유발되어 굴절율 변화 영역이 형성된다. 전계 강도의 상한치로서는 예를 들면 1×10^{12}(W/㎠)이다. 펄스폭은 예를 들면 1ns 이하가 바람직하고, 1ps 이하가 더욱 바람직하다. 다광자 흡수에 의한 굴절율 변화 영역의 형성은, 예를 들면, 제42회 레이저 열 가공 연구회 논문집(1997년 11월)의 105페이지 내지 111페이지의 「펨토 레이저 조사에 의한 유리 내부로의 광유발 구조 형성」에 기재되어 있다.

[0174] 다음에, 본 실시예의 구체적인 예를 설명한다.

[0175] [제 1 예]

[0176] 본 실시예의 제 1 예에 관계되는 레이저 가공방법에 대해서 설명한다. 도 14는 이 방법에 사용할 수 있는 레이저 가공장치(100)의 개략 구성도이다. 레이저 가공장치(100)는 레이저 광(L)을 발생시키는 레이저 광원(101)과, 레이저 광(L)의 출력이나 펄스폭 등을 조절하기 위해서 레이저 광원(101)을 제어하는 레이저 광원 제어부(102)와, 레이저 광(L)의 반사 기능을 갖고 또한 레이저 광(L)의 광축의 방향을 90° 바꾸도록 배치된 다이크로익 미러(103)와, 다이크로익 미러(103)로 반사된 레이저 광(L)을 집광하는 집광용 렌즈(105)와, 집광용

렌즈(105)로 집광된 레이저 광(L)이 조사되는 가공 대상물(1)이 배치되는 배치대(107)와, 배치대(107)를 축 방향으로 이동시키기 위한 X축 스테이지(109)와, 배치대(107)를 X축 방향에 직교하는 Y축 방향으로 이동시키기 위한 Y축 스테이지(111)와, 배치대(107)를 X축 및 Y축 방향에 직교하는 Z축 방향으로 이동시키기 위한 Z축 스테이지(113)와, 이들 3개의 스테이지(109, 111, 113)의 이동을 제어하는 스테이지 제어부(115)를 구비한다.

[0177] Z축 방향은 가공 대상물(1)의 표면(3)과 직교하는 방향이기 때문에, 가공 대상물(1)에 입사하는 레이저 광(L)의 초점 심도의 방향이 된다. 따라서, Z축 스테이지(113)를 Z축 방향으로 이동시킴으로써, 가공 대상물(1)의 내부에 레이저 광(L)의 집광점(P)을 맞출 수 있다. 또한, 이 집광점(P)의 X(Y)축 방향의 이동은, 가공 대상물(1)을 X(Y)축 스테이지(109(111))에 의해 X(Y)축 방향으로 이동시킴으로써 행한다. X(Y)축 스테이지(109(111))가 이동 수단의 일례가 된다.

[0178] 레이저 광원(101)은 펄스 레이저 광을 발생시키는 Nd : YAG 레이저이다. 레이저 광원(101)에 사용할 수 있는 레이저로서, 이 밖에, Nd : YVO4 레이저나 Nd : YLF 레이저나 티타늄 사파이어 레이저가 있다. 크랙 영역이나 용융 처리 영역을 형성하는 경우, Nd : YAG 레이저, Nd : YVO4 레이저, Nd : YLF 레이저를 사용하는 것이 적절하다. 굴절율 변화 영역을 형성하는 경우, 티타늄 사파이어 레이저를 사용하는 것이 적절하다.

[0179] 제 1 예에서는 가공 대상물(1)의 가공에 펄스 레이저 광을 사용하고 있지만, 다광자 흡수를 일으킬 수 있으면 연속파 레이저 광이라도 좋다. 또, 본 발명에 있어서 레이저 광은 레이저 빔을 포함하는 의미이다. 집광용 렌즈(105)는 집광 수단의 일례이다. Z축 스테이지(113)는 레이저 광의 집광점을 가공 대상물의 내부에 맞추는 수단의 일례이다. 집광용 렌즈(105)를 Z축 방향으로 이동시킴에 따라서도, 레이저 광의 집광점을 가공 대상물의 내부에 맞출 수 있다.

[0180] 레이저 가공장치(100)는 또한, 배치대(107)에 배치된 가공 대상물(1)을 가시광선에 의해 조명하기 위해서 가시광선을 발생시키는 관찰용 광원(117)과, 다이크로익 미러(103) 및 집광용 렌즈(105)와 같은 광축상에 배치된 가시광용의 빔 스플리터(119; splitter)를 구비한다. 빔 스플리터(119)와 집광용 렌즈(105) 사이에 다이크로익 미러(103)가 배치되어 있다. 빔 스플리터(119)는 가시광선의 대략 반을 반사하고 나머지의 반을 투과하는 기능을 갖고 또한 가시광선의 광축의 방향을 90° 바꾸도록 배치되어 있다. 관찰용 광원(117)으로부터 발생한 가시광선은 빔 스플리터(119)로 대략 반이 반사되고, 이 반사된 가시광선이 다이크로익 미러(103) 및 집광용 렌즈(105)를 투과하여, 가공 대상물(1)의 절단 예정 라인(5) 등을 포함하는 표면(3)을 조명한다.

[0181] 레이저 가공장치(100)는 또한, 빔 스플리터(119), 다이크로익 미러(103) 및 집광용 렌즈(105)와 같은 광축상에 배치된 촬상 소자(121) 및 결상 렌즈(123)를 구비한다. 촬상 소자(121)로서는 예를 들면 CCD(charge-coupled device) 카메라가 있다. 절단 예정 라인(5) 등을 포함하는 표면(3)을 조명한 가시광선의 반사광은, 집광용 렌즈(105), 다이크로익 미러(103), 빔 스플리터(119)를 투과하고, 결상 렌즈(123)로 결상되고 촬상 소자(121)로 촬상되어, 촬상 데이터가 된다.

[0182] 레이저 가공장치(100)는 또한, 촬상 소자(121)로부터 출력된 촬상 데이터가 입력되는 촬상 데이터 처리부(125)와, 레이저 가공장치(100) 전체를 제어하는 전체 제어부(127)와, 모니터(129)를 구비한다. 촬상 데이터 처리부(125)는 촬상 데이터를 기초로 하여 관찰용 광원(117)으로 발생한 가시광의 초점을 표면(3)상에 맞추기 위한 초점 데이터를 연산한다. 이 초점 데이터를 기초로 하여 스테이지 제어부(115)가 Z축 스테이지(113)를 이동 제어함으로써, 가시광의 초점이 표면(3)에 맞도록 한다. 따라서, 촬상 데이터 처리부(125)는 오토 포커스(auto focus) 유닛으로서 기능한다. 또한, 촬상 데이터 처리부(125)는 촬상 데이터를 기초로 하여 표면(3)의 확대 화상 등의 화상 데이터를 연산한다. 이 화상 데이터는 전체 제어부(127)로 보내지고, 전체 제어부에서 각종 처리가 이루어져, 모니터(129)로 보내진다. 그에 따라, 모니터(129)에 확대 화상 등이 표시된다.

[0183] 전체 제어부(127)에는 스테이지 제어부(115)로부터의 데이터, 촬상 데이터 처리부(125)로부터의 화상 데이터 등이 입력되고, 이들의 데이터도 기초로 하여 레이저 광원 제어부(102), 관찰용 광원(117) 및 스테이지 제어부(115)를 제어함으로써, 레이저 가공장치(100) 전체를 제어한다. 따라서, 전체 제어부(127)는 컴퓨터 유닛으로서 기능한다.

[0184] 다음에, 도 14 및 도 15를 참조하여, 본 실시예의 제 1 예에 관계되는 레이저 가공방법을 설명한다. 도 15는 이 레이저 가공방법을 설명하기 위한 플로 차트이다. 가공 대상물(1)은 실리콘 웨이퍼이다.

[0185] 우선, 가공 대상물(1)의 광 흡수 특성을 도시하지 않은 분광 광도계 등에 의해 측정한다. 이 측정 결과에 근거하여, 가공 대상물(1)에 대하여 투명한 파장 또는 흡수가 적은 파장의 레이저 광(L)을 발생시키는 레이저 광원(101)을 선정한다(S101). 다음에, 가공 대상물(1)의 두께를 측정한다. 두께의 측정 결과 및 가공 대상물(1)의

굴절율을 기초로 하여, 가공 대상물(1)의 Z축 방향의 이동량을 결정한다(S103). 이것은, 레이저 광(L)의 집광점(P)이 가공 대상물(1)의 내부에 위치시키기 위해서, 가공 대상물(1)의 표면(3)에 위치하는 레이저 광(L)의 집광점을 기준으로 한 가공 대상물(1)의 Z축 방향의 이동량이다. 이 이동량이 전체 제어부(127)에 입력된다.

[0186] 가공 대상물(1)을 레이저 가공장치(100)의 배치대(107)에 배치한다. 그리고, 관찰용 광원(117)으로부터 가시광을 발생시켜 가공 대상물(1)을 조명한다(S105). 조명된 절단 예정 라인(5)을 포함하는 가공 대상물(1)의 표면(3)을 촬상 소자(121)에 의해 촬상한다. 이 촬상 데이터는 촬상 데이터 처리부(125)로 보내진다. 이 촬상 데이터에 근거하여 촬상 데이터 처리부(125)는 관찰용 광원(117)의 가시광의 초점이 표면(3)에 위치하는 초점 데이터를 연산한다(S107).

[0187] 이 초점 데이터는 스테이지 제어부(115)로 보내진다. 스테이지 제어부(115)는 이 초점 데이터를 기초로 하여 Z축 스테이지(113)를 Z축 방향으로 이동시킨다(S109). 그에 따라, 관찰용 광원(117)의 가시광의 초점이 표면(3)에 위치한다. 또, 촬상 데이터 처리부(125)는 촬상 데이터에 근거하여, 절단 예정 라인(5)을 포함하는 가공 대상물(1)의 표면(3)의 확대 화상 데이터를 연산한다. 이 확대 화상 데이터는 전체 제어부(127)를 통해서 모니터(129)로 보내지고, 그에 따라 모니터(129)에 절단 예정 라인(5) 부근의 확대 화상이 표시된다.

[0188] 전체 제어부(127)에는 미리 스텝 S103에서 결정된 이동량 데이터가 입력되어 있고, 이 이동량 데이터가 스테이지 제어부(115)로 보내진다. 스테이지 제어부(115)는 이 이동량 데이터에 근거하여, 레이저 광(L)의 집광점(P)이 가공 대상물(1)의 내부가 되는 위치에, Z축 스테이지(113)에 의해 가공 대상물(1)을 Z축 방향으로 이동시킨다(S111).

[0189] 다음에, 레이저 광원(101)으로부터 레이저 광(L)을 발생시켜서, 레이저 광(L)을 가공 대상물(1)의 표면(3)의 절단 예정 라인(5)에 조사한다. 레이저 광(L)의 집광점(P)은 가공 대상물(1)의 내부에 위치하고 있기 때문에, 용융 처리 영역은 가공 대상물(1)의 내부에만 형성된다. 그리고, 절단 예정 라인(5)에 따르도록 X축 스테이지(109)나 Y축 스테이지(111)를 이동시켜서, 용융 처리 영역을 절단 예정 라인(5)에 따르도록 가공 대상물(1)의 내부에 형성한다(S113). 그리고, 가공 대상물(1)을 절단 예정 라인(5)에 따라 굴곡시킴으로써, 가공 대상물(1)을 절단한다(S115). 그에 따라, 가공 대상물(1)을 실리콘 칩으로 분할한다.

[0190] 제 1 예의 효과를 설명한다. 그에 따르면, 다광자 흡수를 일으키는 조건으로 또한 가공 대상물(1)의 내부에 집광점(P)을 맞추어, 펄스 레이저 광(L)을 절단 예정 라인(5)에 조사하고 있다. 그리고, X축 스테이지(109)나 Y축 스테이지(111)를 이동시킴으로써, 집광점(P)을 절단 예정 라인(5)에 따라 이동시키고 있다. 그에 따라, 개질 영역(예를 들면 크랙 영역, 용융 처리 영역, 굴절율 변화 영역)을 절단 예정 라인(5)에 따르도록 가공 대상물(1)의 내부에 형성하고 있다. 가공 대상물이 절단되는 개소에 어떠한 기점이 있으면, 가공 대상물을 비교적 작은 힘으로 분할하여 절단할 수 있다. 따라서, 개질 영역을 기점으로 하여 절단 예정 라인(5)에 따라 가공 대상물(1)을 나눔으로써, 비교적 작은 힘으로 가공 대상물(1)을 절단할 수 있다. 그에 따라, 가공 대상물(1)의 표면(3)에 절단 예정 라인(5)으로부터 벗어난 불필요한 균열을 발생시키지 않고 가공 대상물(1)을 절단할 수 있다.

[0191] 또한, 제 1 예에 의하면, 가공 대상물(1)에 다광자 흡수를 일으키는 조건으로 또한 가공 대상물(1)의 내부에 집광점(P)을 맞추어, 펄스 레이저 광(L)을 절단 예정 라인(5)에 조사하고 있다. 따라서, 펄스 레이저 광(L)은 가공 대상물(1)을 투과하여, 가공 대상물(1)의 표면(3)에서는 펄스 레이저 광(L)이 거의 흡수되지 않기 때문에, 개질 영역 형성이 원인이 되어 표면(3)이 용융 등의 손상을 입지 않는다.

[0192] 이상 설명한 바와 같이 제 1 예에 의하면, 가공 대상물(1)의 표면(3)에 절단 예정 라인(5)으로부터 벗어난 불필요한 균열이나 용융이 생기지 않고, 가공 대상물(1)을 절단할 수 있다. 따라서, 가공 대상물(1)이 예를 들면 반도체 웨이퍼의 경우, 반도체 칩에 절단 예정 라인으로부터 벗어난 불필요한 균열이나 용융이 생기지 않고, 반도체 칩을 반도체 웨이퍼로부터 잘라낼 수 있다. 표면에 전극 패턴이 형성되어 있는 가공 대상물이나, 압전 소자 웨이퍼나 액정 등의 표시장치가 형성된 유리기판과 같이 표면에 전자 디바이스가 형성되어 있는 가공 대상물에 대해서도 동일하다. 따라서, 제 1 예에 의하면, 가공 대상물을 절단함으로써 제작되는 제품(예를 들면 반도체 칩, 압전 디바이스 칩, 액정 등의 표시장치)의 수율을 향상시킬 수 있다.

[0193] 또한, 제 1 예에 의하면, 가공 대상물(1)의 표면(3)의 절단 예정 라인(5)은 용융하지 않기 때문에, 절단 예정 라인(5)의 폭(이 폭은, 예를 들면 반도체 웨이퍼의 경우, 반도체 칩이 되는 영역끼리의 간격이다)을 작게 할 수 있다. 그에 따라, 한 장의 가공 대상물(1)로부터 제작되는 제품의 수가 증가하여, 제품의 생산성을 향상시킬 수 있다.

[0194] 또한, 제 1 예에 의하면, 가공 대상물(1)의 절단 가공에 레이저 광을 사용하기 때문에, 다이아몬드 커터를 사용한 다이싱보다도 복잡한 가공이 가능해진다. 예를 들면, 도 16에 도시된 바와 같이 절단 예정 라인(5)이 복잡한 형상이라도, 제 1 예에 의하면 절단 가공이 가능해진다. 이들의 효과는 나중에 설명하는 예와도 동일하다.

[0195] 또, 레이저 광원은 하나에 한하지 않고 복수라도 좋다. 예를 들면, 도 17은 레이저 광원이 복수에 있어서의 본 실시예의 제 1 예에 관계되는 레이저 가공방법을 설명하는 모식도이다. 이것은, 3개의 레이저 광원(15, 17, 19)으로부터 출사된 3개의 레이저 광을 가공 대상물(1)의 내부에 집광점(P)을 맞추어 다른 방향으로부터 조사하고 있다. 레이저 광원(15, 17)으로부터의 각 레이저 광은 가공 대상물(1)의 표면(3)으로부터 입사된다. 레이저 광원(19)으로부터의 레이저 광은 가공 대상물(1)의 이면(3)으로부터 입사한다. 이것에 의하면, 복수의 레이저 광원을 사용하기 때문에, 레이저 광이 펄스 레이저 광에 비교하여 파워가 작은 연속파 레이저 광이어도, 집광점의 전계 강도를 다광자 흡수가 발생하는 크기로 하는 것이 가능해진다. 같은 이유에 의해 집광용 렌즈가 없더라도 다광자 흡수를 발생시키는 것이 가능해진다. 또, 이 예에서는 3개의 레이저 광원(15, 17, 19)에 의해 집광점(P)을 형성하고 있지만, 본 발명은 그에 한정되지 않고 레이저 광원이 복수이면 좋다.

[0196] 도 18은 레이저 광원이 복수에 있어서의 본 실시예의 제 1 예에 관계되는 다른 레이저 가공방법을 설명하는 모식도이다. 이 예는 복수의 레이저 광원(23)이 절단 예정 라인(5)에 따라 일렬로 배치된 3어레이 광원부(25, 27, 29)를 구비하고 있다. 어레이 광원부(25, 27, 29)의 각각에 있어서 같은 열에 배치된 레이저 광원(23)으로부터 출사된 레이저 광이 하나의 집광점(예를 들면 집광점(P1))을 형성한다. 이 예에 의하면 절단 예정 라인(5)에 따라 복수의 집광점(P1, P2,…)을 동시에 형성할 수 있기 때문에, 가공 속도를 향상시킬 수 있다. 또한, 이 예에서는 표면(3)상에서 절단 예정 라인(5)과 직교하는 방향에 레이저 스캔하는 것으로 개질 영역을 복수열 동시에 형성하는 것도 가능하다.

[0197] [제 2 예]

[0198] 다음에, 본 실시예의 제 2 예에 대해서 설명한다. 이 예는 광투과성 재료의 절단방법 및 절단장치이다. 광투과성 재료는 가공 대상물의 일례이다. 이 예에서는 광투과성 재료로서 $LiTaO_3$로 이루어지는 두께가 400㎛ 정도인 압전 소자 웨이퍼(기판)를 사용하고 있다.

[0199] 제 2 예에 관계되는 절단장치는 도 14에 도시된 레이저 가공장치(100) 및 도 19, 도 20에 도시된 장치로 구성된다. 도 19 및 도 20에 도시된 장치에 대해서 설명한다. 압전 소자 웨이퍼(31)는 유지 수단으로서의 웨이퍼 시트(33; 필름)에 유지되어 있다. 이 웨이퍼 시트(33)는 압전 소자 웨이퍼(31)를 유지하는 측의 면이 점착성을 갖는 수지제 테이프 등으로 이루어져, 탄성을 갖고 있다. 웨이퍼 시트(33)는 샘플 홀더(35)에 끼워두고, 배치대(107)상에 세트된다. 또, 압전 소자 웨이퍼(31)는 도 19에 도시된 바와 같이, 나중에 절단 분리되는 다수개의 압전 디바이스 칩(37)을 포함하고 있다. 각 압전 디바이스 칩(37)은 회로부(39)를 갖고 있다. 이 회로부(39)는 압전 소자 웨이퍼(31)의 표면에 각 압전 디바이스 칩(37)마다 형성되어 있고, 인접하는 회로부(39) 사이에는 소정의 간극(α)(80㎛ 정도)이 형성되어 있다. 또, 도 20은, 압전 소자 웨이퍼(31)의 내부에만 개질부로서의 미소한 크랙 영역(9)이 형성된 상태를 도시하고 있다.

[0200] 다음에, 도 21에 근거하여, 제 2 예에 관계되는 광투과성 재료의 절단방법에 대해서 설명한다. 우선, 절단 대상 재료가 되는 광투과성 재료(제 2 예에 있어서는 $LiTaO_3$으로 이루어지는 압전 소자 웨이퍼(31))의 광 흡수 특성을 측정한다(S201). 광 흡수 특성은, 분광 광도계 등을 사용함으로써 측정 가능하다. 광 흡수 특성이 측정되면, 그 측정 결과에 근거하여, 절단 대상 재료에 대하여 투명 또는 흡수가 적은 파장의 레이저 광(L)을 출사하는 레이저 광원(101)을 선정한다(S203). 제 2 예에 있어서는 기본파 파장이 1064㎚인 펄스파(PW)형의 YAG 레이저가 선정되어 있다. 이 YAG 레이저는 펄스의 반복 주파수가 20㎐이고, 펄스폭이 6ns이고, 펄스 에너지는 300μJ이다. 또한, YAG 레이저로부터 출사되는 레이저 광(L)의 스폿 직경은 20㎛ 정도이다.

[0201] 다음에, 절단 대상 재료의 두께를 측정한다(S205). 절단 대상 재료의 두께가 측정되면, 그 측정 결과에 근거하여, 레이저 광(L)의 집광점이 절단 대상 재료의 내부에 위치하도록, 레이저 광(L)의 광축 방향에 있어서의 절단 대상 재료의 표면(레이저 광(L)의 입사면)으로부터의 레이저 광(L)의 집광점의 변위량(이동량)을 결정한다(S207). 레이저 광(L)의 집광점의 변위량(이동량)은, 절단 대상 재료의 두께 및 굴절율에 대응하여, 예를 들면 절단 대상 재료의 두께의 1/2의 양으로 설정된다.

[0202] 도 22에 도시된 바와 같이, 실제의 레이저 광(L)의 집광점(P)의 위치는 절단 대상 재료 분위기(예를 들면, 공기) 중의 굴절율과 절단 대상 재료의 굴절율의 차그에 따라, 집광용 렌즈(105)로 집광된 레이저 광(L)의 집광

점(Q)의 위치보다도 절단 대상 재료(압전 소자 웨이퍼(31))의 표면으로부터 깊은 곳에 위치하게 된다. 즉, 공기 중의 경우, 「레이저 광(L)의 광축 방향에 있어서의 Z축 스테이지(113)의 이동량×절단 대상 재료의 굴절율=실제의 레이저 광(L)의 집광점 이동량」이라는 관계가 성립하게 된다. 레이저 광(L)의 집광점의 변위량(이동량)은, 상술한 관계(절단 대상 재료의 두께 및 굴절율)를 고려하여 설정된다. 그 후, X-Y-Z축 스테이지(본 실시예에 있어서는 X축 스테이지(109), Y축 스테이지(111) 및 Z축 스테이지(113)에 의해 구성된다)상에 배치된 배치대(107)에 대하여 웨이퍼 시트(33)에 유지된 절단 대상 재료를 배치한다(S209). 절단 대상 재료의 배치를 끝내면, 관찰용 광원(117)으로부터 광을 출사하고, 출사한 광을 절단 대상 재료에 조사한다. 그리고, 촬상 소자(121)에서의 촬상 결과에 근거하여, 레이저 광(L)의 집광점이 절단 대상 재료의 표면상에 위치하도록 Z축 스테이지(113)를 이동시켜서 포커스 조정을 한다(S211). 여기서는 관찰용 광원(117)에 의해서 얻어지는 압전 소자 웨이퍼(31)의 표면 관찰상을 촬상 소자(121)에 의해 촬상하고, 촬상 데이터 처리부(125)가 촬상 결과에 근거하여, 관찰용 광원(117)으로부터 출사된 광이 절단 대상 재료의 표면상에서 초점을 맺도록 Z축 스테이지(113)의 이동 위치를 결정하여, 스테이지 제어부(115)에 출력한다. 스테이지 제어부(115)는 촬상 데이터 처리부(125)로부터의 출력 신호에 근거하여, Z축 스테이지(113)의 이동 위치가 관찰용 광원(117)으로부터 출사된 광이 절단 대상 재료의 표면상에 초점을 맺는다, 즉 레이저 광(L)의 집광점을 절단 대상 재료의 표면상에 위치시키기 위한 위치가 되도록 Z축 스테이지(113)를 제어한다.

[0203] 관찰용 광원(117)으로부터 출사된 광의 포커스 조정이 끝나면, 레이저 광(L)의 집광점을 절단 대상 재료의 두께 및 굴절율에 대응한 집광점으로 이동시킨다(S213). 여기서는 절단 대상 재료의 두께 및 굴절율에 대응하여 결정된 레이저 광(L)의 집광점의 변위량분만큼 Z축 스테이지(113)를 레이저 광(L)의 광축 방향으로 이동시키도록, 전체 제어부(127)가 스테이지 제어부(115)에 출력 신호를 보내고, 출력 신호를 받은 스테이지 제어부(115)가 Z축 스테이지(113)의 이동 위치를 제어한다. 상술한 바와 같이, 절단 대상 재료의 두께 및 굴절율에 대응하여 결정된 레이저 광(L)의 집광점의 변위량분만큼 Z축 스테이지(113)를 레이저 광(L)의 광축 방향으로 이동시킴으로써, 레이저 광(L)의 집광점의 절단 대상 재료의 내부로의 배치가 완료된다(S215).

[0204] 레이저 광(L)의 집광점의 절단 대상 재료의 내부로의 배치가 완료되면, 레이저 광(L)을 절단 대상 재료에 조사하는 동시에, 원하는 절단 패턴에 따라서 X축 스테이지(109) 및 Y축 스테이지(111)를 이동시킨다(S217). 레이저 광원(101)으로부터 출사된 레이저 광(L)은, 도 22에 도시된 바와 같이, 집광용 렌즈(105)에 의해, 인접하는 회로부(39) 사이에 형성된 소정의 간극(α)(상술한 바와 같이, 80㎛)에 면하는 압전 소자 웨이퍼(31)의 내부에 집광점(P)이 위치하도록 집광된다. 상술한 원하는 절단 패턴은, 압전 소자 웨이퍼(31)로부터 복수의 압전 디바이스 칩(37)을 분리하기 위해서, 인접하는 회로부(39) 사이에 형성된 간극에 레이저 광(L)이 조사되도록 설정되어 있고, 레이저 광(L)의 조사 상태를 모니터(129)로 확인하면서 레이저 광(L)이 조사되게 된다.

[0205] 여기서, 절단 대상 재료에 조사되는 레이저 광(L)은, 집광용 렌즈(105)에 의해, 도 22에 도시된 바와 같이, 압전 소자 웨이퍼(31)의 표면(레이저 광(L)이 입사되는 면)에 형성된 회로부(39)에 레이저 광(L)이 조사되지 않는 각도로 집광된다. 이와 같이, 회로부(39)에 레이저 광(L)이 조사되지 않는 각도로 레이저 광(L)을 집광함으로써, 레이저 광(L)이 회로부(39)에 입사하는 것을 방지할 수 있어, 회로부(39)를 레이저 광(L)에서 보호할 수 있다.

[0206] 레이저 광원(101)으로부터 출사된 레이저 광(L)을 압전 소자 웨이퍼(31)의 내부에 집광점(P)이 위치하도록 집광시키고, 이 집광점(P)에서의 레이저 광(L)의 에너지 밀도가 절단 대상 재료의 광학적 손상 또는 광학적 절연파괴의 임계치를 넘으면, 절단 대상 재료로서의 압전 소자 웨이퍼(31)의 내부에 있어서의 집광점(P) 및 그 근방에만 미소한 크랙 영역(9)이 형성된다. 이 때, 절단 대상 재료(압전 소자 웨이퍼(31))의 표면 및 이면에 손상이 미치지 않는다.

[0207] 다음에, 도 23 내지 도 27에 근거하여, 레이저 광(L)의 집광점을 이동시켜서 크랙을 형성하는 점에 대해서 설명한다. 도 23에 도시되는 대략 직방체 형상의 절단 대상 재료(32)(광투과성 재료)에 대하여, 절단 대상 재료(32)의 내부에 레이저 광(L)의 집광점이 위치하도록 레이저 광(L)을 조사함으로써, 도 24 및 도 25에 도시된 바와 같이, 절단 대상 재료(32)의 내부에 있어서의 집광점 및 그 근방에만 미소한 크랙 영역(9)이 형성된다. 또한, 레이저 광(L)의 집광점이 레이저 광(L)의 광축에 교차하는 절단 대상 재료(32)의 길이 방향(D)으로 이동하도록, 레이저 광(L)의 주사 또는 절단 대상 재료(32)의 이동이 제어되어 있다.

[0208] 레이저 광원(101)으로부터는 레이저 광(L)이 펄스형으로 출사되기 때문에, 레이저 광(L)의 주사 또는 절단 대상 재료(32)가 이동을 한 경우, 크랙 영역(9)은, 도 25에 도시된 바와 같이, 절단 대상 재료(32)의 길이 방향(D)에 따라 레이저 광(L)의 주사 속도 또는 절단 대상 재료(32)의 이동 속도에 대응한 간격을 갖고 복수의 크랙 영역

(9)이 형성되게 된다. 레이저 광(L)의 주사 속도 또는 절단 대상 재료(32)의 이동 속도를 느리게 함으로써, 도 26에 도시되는 바와 같이, 크랙 영역(9)간의 간격을 짧게 하여, 형성되는 크랙 영역(9)의 수를 늘리는 것도 가능하다. 또한, 레이저 광(L)의 주사 속도 또는 절단 대상 재료의 이동 속도를 더욱 느리게 함으로써, 도 27에 도시된 바와 같이, 크랙 영역(9)이, 레이저 광(L)의 주사 방향 또는 절단 대상 재료(32)의 이동 방향, 즉 레이저 광(L)의 집광점의 이동 방향에 따라 연속적으로 형성되게 된다. 크랙 영역(9)간의 간격(형성되는 크랙 영역(9)의 수)의 조정은, 레이저 광(L)의 반복 주파수 및 절단 대상 재료(32)(X축 스테이지 또는 Y축 스테이지)의 이동 속도의 관계를 변화시키는 것이라도 실현 가능하다. 또한, 레이저 광(L)의 반복 주파수 및 절단 대상 재료(32)의 이동 속도를 높게 하는 것으로 스루 풋(throughput)의 향상도 가능하다.

[0209] 상술한 원하는 절단 패턴에 따라 크랙 영역(9)이 형성되면(S219), 물리적 외력 인가 또는 환경 변화 등에 의해 절단 대상 재료 내, 특히 크랙 영역(9)이 형성된 부분에 응력을 발생시켜서, 절단 대상 재료의 내부(집광점 및 그 근방)에만 형성된 크랙 영역(9)을 성장시켜, 절단 대상 재료를 크랙 영역(9)이 형성된 위치에서 절단한다(S221).

[0210] 다음에, 도 28 내지 도 32를 참조하여, 물리적 외력 인가에 의한 절단 대상 재료의 절단에 대해서 설명한다. 우선, 원하는 절단 패턴에 따라 크랙 영역(9)이 형성된 절단 대상 재료(압전 소자 웨이퍼(31))는 샘플 홀더(35)에 삽입된 웨이퍼 시트(33)에 유지된 상태로 절단장치에 배치된다. 절단장치는 후술하는 바와 같은 흡인 척(34; chuck), 이 흡인 척(34)이 접속되는 흡인 펌프(도시하지 않음), 가압 니들(36)(가압 부재), 가압 니들(36)을 이동시키기 위한 가압 니들 구동 수단(도시하지 않음) 등을 갖고 있다. 가압 니들 구동 수단으로서는 전동 또는 유압 등의 엑추에이터를 사용할 수 있다. 또, 도 28 내지 도 32에 있어서는 회로부(39)의 도시를 생략하고 있다.

[0211] 압전 소자 웨이퍼(31)가 절단장치에 배치되면, 도 28에 도시되는 바와 같이, 분리하는 압전 디바이스 칩(37)에 대응하기 위치에 흡인 척(34)을 가깝게 한다. 흡인 척(34)을 분리하는 압전 디바이스 칩(37)에 근접 또는 접촉시킨 상태로 흡인 펌프장치를 작동시킴으로써, 도 29에 도시된 바와 같이, 흡인 척(34)으로 분리하는 압전 디바이스 칩(37)(압전 소자 웨이퍼(31))을 흡착시킨다. 흡인 척(34)으로 분리하는 압전 디바이스 칩(37)(압전 소자 웨이퍼(31))을 흡착시키면, 도 30에 도시된 바와 같이, 웨이퍼 시트(33)의 이면(압전 소자 웨이퍼(31)가 유지된 면의 이면)측으로부터 분리하는 압전 디바이스 칩(37)에 대응하기 위치에 가압 니들(36)을 이동시킨다.

[0212] 가압 니들(36)이 웨이퍼 시트(33)의 이면에 접촉하고 나서 더욱 가압 니들(36)을 이동시키면, 웨이퍼 시트(33)가 변형되는 동시에 가압 니들(36)에 의해 압전 소자 웨이퍼(31)에 외부로부터 응력이 인가되어, 크랙 영역(9)이 형성되어 있는 웨이퍼 부분에 응력이 생겨 크랙 영역(9)이 성장한다. 크랙 영역(9)이 압전 소자 웨이퍼(31)의 표면 및 이면까지 성장함으로써, 압전 소자 웨이퍼(31)는 도 31에 도시되는 바와 같이, 분리하는 압전 디바이스 칩(37)의 끝부에서 절단되어, 압전 디바이스 칩(37)이 압전 소자 웨이퍼(31)로부터 분리되게 된다. 또, 웨이퍼 시트(33)는 상술한 바와 같이 점착성을 갖고 있기 때문에, 절단 분리된 압전 디바이스 칩(37)이 비산하는 것을 막을 수 있다.

[0213] 압전 디바이스 칩(37)이 압전 소자 웨이퍼(31)로부터 분리되면 흡인 척(34) 및 가압 니들(36)을 웨이퍼 시트(33)로부터 멀어지는 방향으로 이동시킨다. 흡인 척(34) 및 가압 니들(36)이 이동하면, 분리된 압전 디바이스 칩(37)은 흡인 척(34)에 흡착되어 있기 때문에, 도 32에 도시된 바와 같이, 웨이퍼 시트(33)로부터 떨어지게 된다. 이 때, 도시하지 않은 이온 에어 블로(air blow)장치를 사용하여, 이온 에어를 도 32 중 화살 표시 B방향으로 보내고, 분리되어 흡인 척(34)에 흡착되어 있는 압전 디바이스 칩(37)과, 웨이퍼 시트(33)에 유지되어 있는 압전 소자 웨이퍼(31)(표면)를 이온 에어 세정하고 있다. 또, 이온 에어 세정 대신에, 흡인장치를 설치하여, 먼지 등을 흡인하는 것으로 절단 분리된 압전 디바이스 칩(37) 및 압전 소자 웨이퍼(31)를 세정하도록 하여도 좋다. 환경 변화에 의해 절단 대상 재료를 절단하는 방법으로서는 내부에만 크랙 영역(9)이 형성된 절단 대상 재료에 대하여 온도 변화를 주는 방법이 존재한다. 이와 같이, 절단 대상 재료에 대하여 온도 변화를 주는 것에 의해, 크랙 영역(9)이 형성되어 있는 재료 부분에 열 응력을 생기게 하여, 크랙 영역(9)을 성장시켜서 절단 대상 재료를 절단할 수 있다.

[0214] 이와 같이, 제 2 예에 있어서는 집광용 렌즈(105)에 의해, 레이저 광원(101)으로부터 출사된 레이저 광(L)을 그 집광점이 광투과성 재료(압전 소자 웨이퍼(31))의 내부에 위치하도록 집광하는 것으로, 집광점에서의 레이저 광(L)의 에너지 밀도가 광투과성 재료의 광학적 손상 또는 광학적 절연파 직경의 임계치를 넘어, 광투과성 재료의 내부에 있어서의 집광점 및 그 근방에만 미소한 크랙 영역(9)이 형성된다. 그리고, 형성된 크랙 영역(9)의 위치에서 광투과성 재료가 절단되기 때문에, 발진량이 지극히 낮고, 다이싱 상처, 치핑(chipping) 또는 재료 표면

에서의 크랙 등이 발생할 가능성도 지극히 낮아진다. 또한, 광투과성 재료는 광투과성 재료의 광학적 손상 또는 광학적 절연파 직경에 의해 형성된 크랙 영역(9)에 따라 절단되기 때문에, 절단의 방향 안정성이 향상되고, 절단 방향의 제어를 용이하게 행할 수 있다. 또한, 다이아몬드 커터에 의한 다이싱에 비하여, 다이싱 폭을 작게 할 수 있고, 1개의 광투과성 재료로부터 절단된 광투과성 재료의 수를 늘리는 것이 가능해진다. 이 결과, 제 2 예에 의하면, 지극히 용이하고 또한 적절하게 광투과성 재료를 절단할 수 있다.

[0215] 또한, 물리적 외력 인가 또는 환경 변화 등에 의해 절단 대상 재료 내에 응력을 생기게 함으로써, 형성된 크랙 영역(9)을 성장시켜 광투과성 재료(압전 소자 웨이퍼(31))를 절단하기 때문에, 형성된 크랙 영역(9)의 위치에서 광투과성 재료를 확실하게 절단할 수 있다.

[0216] 또한, 가압 니들(36)을 사용하여 광투과성 재료(압전 소자 웨이퍼(31))에 응력을 가함으로써, 크랙 영역(9)을 성장시켜 광투과성 재료를 절단하고 있기 때문에, 형성된 크랙 영역(9)의 위치에서 광투과성 재료를 더 한층 확실하게 절단할 수 있다.

[0217] 또한, 복수의 회로부(39)가 형성된 압전 소자 웨이퍼(31)(광투과성 재료)를 각 압전 디바이스 칩(37)마다 절단 분리하는 경우, 집광용 렌즈(105)에 의해, 인접하는 회로부(39) 사이에 형성된 간극에 면하는 웨이퍼 부분의 내부에 집광점이 위치하도록 레이저 광(L)을 집광하여, 크랙 영역(9)을 형성시키기 때문에, 인접하는 회로부(39) 사이에 형성된 간극의 위치에 있어서, 압전 소자 웨이퍼(31)를 확실하게 절단할 수 있다.

[0218] 또한, 광투과성 재료(압전 소자 웨이퍼(31))의 이동 또는 레이저 광(L)을 주사하여 집광점을 레이저 광(L)의 광축에 교차하는 방향, 예를 들면 직교하는 방향으로 이동시킴으로써, 크랙 영역(9)이 집광점의 이동 방향에 따라 연속적으로 형성되게 되어, 절단의 방향 안정성이 더 한층 향상되고, 절단의 방향 제어를 더 한층 용이하게 행할 수 있다.

[0219] 또한, 제 2 예에 있어서는 발진분말체가 거의 없기 때문에 발진분말체의 비산 방지를 위한 윤활 세정수가 불필요해져, 절단 공정에서의 드라이 프로세스화를 실현할 수 있다.

[0220] 또한, 제 2 예에 있어서는 개질부(크랙 영역(9))의 형성이 레이저 광(L)에 의한 비접촉 가공으로 실현되기 때문에, 다이아몬드 커터에 의한 다이싱에 있어서의 블레이드(blade)의 내구성, 교환 빈도 등의 문제가 생기지 않는다. 또한, 제 2 예에 있어서는 상술한 바와 같이, 개질부(크랙 영역(9))의 형성이 레이저 광(L)에 의한 비접촉 가공으로 실현되기 때문에, 광투과성 재료를 완전히 절단하지 않고, 광투과성 재료를 잘라내는 절단 패턴에 따라, 광투과성 재료를 절단하는 것이 가능하다. 본 발명은, 상술한 제 2 예에 한정되는 것이 아니라, 예를 들면, 광투과성 재료는 압전 소자 웨이퍼(31)에 한정되지 않고, 반도체 웨이퍼, 유리기판 등이어도 좋다. 레이저 광원(101)도, 절단하는 광투과성 재료의 광 흡수 특성에 대응하여 적절하게 선택 가능하다. 또한, 제 2 예에 있어서는 개질부로서, 레이저 광(L)을 조사함으로써 미소한 크랙 영역(9)을 형성하도록 하고 있지만, 그에 한정되는 것이 아니다. 예를 들면, 레이저 광원(101)으로서 초단(超短) 펄스 레이저 광원(예를 들면, 페무트초(fs) 레이저)을 사용하는 것으로, 굴절율 변화(고굴절율)에 의한 개질부를 형성할 수 있고, 이러한 기계적 특성의 변화를 이용하여 크랙 영역(9)을 발생시키지 않고 광투과성 재료를 절단할 수 있다.

[0221] 또한, 레이저 가공장치(100)에 있어서, Z축 스테이지(113)를 이동시킴으로써 레이저 광(L)의 포커스 조정을 하도록 하고 있지만, 그에 한정되지 않고, 집광용 렌즈(105)를 레이저 광(L)의 광축 방향으로 이동시킴으로써 포커스 조정을 하도록 하여도 좋다.

[0222] 또한, 레이저 가공장치(100)에 있어서, 원하는 절단 패턴에 따라서 X축 스테이지(109) 및 Y축 스테이지(111)를 이동하도록 하고 있지만, 그에 한정되지 않고, 레이저 광(L)을 원하는 절단 패턴에 따라서 주사하도록 하여도 좋다.

[0223] 또한, 흡인 척(34)에 압전 소자 웨이퍼(31)를 흡착시킨 후에, 가압 니들(36)에 의해 압전 소자 웨이퍼(31)를 절단하도록 하고 있지만, 그에 한정되지 않고, 가압 니들(36)에 의해 압전 소자 웨이퍼(31)를 절단한 후에, 절단 분리된 압전 디바이스 칩(37)을 흡인 척(34)에 흡착시키도록 하여도 좋다. 또, 흡인 척(34)에 압전 소자 웨이퍼(31)를 흡착시킨 후에, 가압 니들(36)에 의해 압전 소자 웨이퍼(31)를 절단함으로써, 절단 분리된 압전 디바이스 칩(37)의 표면이 흡인 척(34)으로 덮이게 되어, 압전 디바이스 칩(37)의 표면에 먼지 등이 부착하는 것을 막을 수 있다.

[0224] 또한, 촬상 소자(121)로서 적외선용을 사용함으로써, 레이저 광(L)의 반사광을 이용하여 포커스 조정을 할 수 있다. 이 경우에는 다이크로익 미러(103)를 사용하는 대신에 하프 미러를 사용하고, 이 하프 미러와 레이저 광원(101) 사이에 레이저 광원(101)으로의 반환광을 억제하도록 광학 소자를 설치할 필요가 있다. 또한, 이 때,

포커스 조정을 하기 위한 레이저 광(L)에 의해 절단 대상 재료에 손상이 생기지 않도록, 포커스 조정시에 레이저 광원(101)으로부터 조사되는 레이저 광(L)의 출력은, 크랙 형성을 위한 출력보다도 낮은 에너지치로 설정하는 것이 바람직하다.

[0225] 제 2 예의 관점에서 본 발명의 특징을 이하에 설명한다.

[0226] 본 발명에 관계되는 광투과성 재료의 절단방법은, 레이저 광원으로부터 출사한 레이저 광을 그 집광점이 광투과성 재료의 내부에 위치하도록 집광하여, 광투과성 재료의 내부에 있어서의 집광점 및 그 근방에만 개질부를 형성시키는 개질부 형성 공정과, 형성된 개질부의 위치에서 광투과성 재료를 절단하는 절단 공정을 구비하고 있는 것을 특징으로 하고 있다.

[0227] 본 발명에 관계되는 광투과성 재료의 절단방법에서는 개질부 형성 공정에 있어서, 레이저 광의 집광점이 광투과성 재료의 내부에 위치하도록 레이저 광을 집광하는 것으로, 광투과성 재료의 내부에 있어서의 집광점 및 그 근방에만 개질부가 형성된다. 절단 공정에서는 형성된 개질부의 위치에서 광투과성 재료가 절단되게 되어, 발진량이 지극히 낮고, 다이싱 상처, 치핑 또는 재료 표면에서의 크랙 등이 발생할 가능성도 지극히 낮아진다. 또한, 광투과성 재료는 형성된 개질부의 위치에서 절단되기 때문에, 절단의 방향 안정성이 향상되고, 절단 방향의 제어를 용이하게 행할 수 있다. 또한, 다이아몬드 커터에 의한 다이싱에 비하여, 다이싱 폭을 작게 할 수 있어, 1개의 광투과성 재료로부터 절단된 광투과성 재료의 수를 늘리는 것이 가능해진다. 이들의 결과, 본 발명에 의하면, 지극히 용이하고 또한 적절하게 광투과성 재료를 절단할 수 있다.

[0228] 또한, 본 발명에 관계되는 광투과성 재료의 절단방법에 있어서는 발진분말체가 거의 없기 때문에, 발진분말체의 비산 방지를 위한 윤활 세정수가 불필요해져, 절단 공정에서의 드라이 프로세스화를 실현할 수 있다.

[0229] 또한, 본 발명에 관계되는 광투과성 재료의 절단방법에 있어서는 개질부의 형성이 레이저 광에 의한 비접촉 가공으로 실현되기 때문에, 종래의 기술과 같이 다이아몬드 커터에 의한 다이싱에 있어서의 블레이드의 내구성, 교환 빈도 등의 문제가 생기지 않는다. 또한, 본 발명에 관계되는 광투과성 재료의 절단방법에 있어서는 상술한 바와 같이 개질부의 형성이 레이저 광에 의한 비접촉 가공으로 실현되기 때문에, 광투과성 재료를 완전히 절단하지 않고, 광투과성 재료를 잘라내는 절단 패턴에 따라, 광투과성 재료를 절단하는 것이 가능하다.

[0230] 또한, 광투과성 재료에는 복수의 회로부가 형성되어 있고, 개질부 형성 공정에 있어서, 인접하는 회로부 사이에 형성된 간극에 면하는 광투과성 재료 부분의 내부에 집광점이 위치하도록 레이저 광을 집광하여, 개질부를 형성시키는 것이 바람직하다. 이와 같이 구성한 경우에는 인접하는 회로부 사이에 형성된 간극의 위치에 있어서, 광투과성 재료를 확실하게 절단할 수 있다.

[0231] 또한, 개질부 형성 공정에 있어서, 광투과성 재료에 레이저 광을 조사하는 경우에, 회로부에 레이저 광이 조사되지 않는 각도로 레이저 광을 집광하는 것이 바람직하다. 이와 같이, 개질부 형성 공정에 있어서, 광투과성 재료에 레이저 광을 조사하는 경우에, 회로부에 레이저 광이 조사되지 않는 각도로 레이저 광을 집광함으로써, 레이저 광이 회로부에 입사되는 것을 방지할 수 있어, 회로부를 레이저 광으로부터 보호할 수 있다.

[0232] 또한, 개질부 형성 공정에 있어서, 집광점을 레이저 광의 광축과 교차하는 방향으로 이동시킴으로써, 개질부를 집광점의 이동 방향에 따라 연속적으로 형성하는 것이 바람직하다. 이와 같이, 개질부 형성 공정에 있어서, 집광점을 레이저 광의 광축과 교차하는 방향으로 이동시킴으로써, 개질부를 집광점의 이동 방향에 따라 연속적으로 형성하는 것으로, 절단의 방향 안정성이 더 한층 향상되고, 절단의 방향 제어를 더 한층 용이하게 행할 수 있다.

[0233] 본 발명에 관계되는 광투과성 재료의 절단방법은, 레이저 광원으로부터 출사한 레이저 광을 그 집광점이 광투과성 재료의 내부에 위치하도록 집광하여, 광투과성 재료의 내부에 있어서의 집광점 및 그 근방에만 크랙을 형성시키는 크랙 형성 공정과, 형성된 크랙의 위치에서 광투과성 재료를 절단하는 절단 공정을 구비하고 있는 것을 특징으로 하고 있다.

[0234] 본 발명에 관계되는 광투과성 재료의 절단방법에서는 크랙 형성 공정에서, 레이저 광의 집광점이 광투과성 재료의 내부에 위치하도록 레이저 광을 집광하는 것으로, 집광점에서의 레이저 광의 에너지 밀도가 광투과성 재료의 광학적 손상 또는 광학적 절연파 직경의 임계치를 넘어, 광투과성 재료의 내부에 있어서의 집광점 및 그 근방에만 크랙이 형성된다. 절단 공정에서는 형성된 크랙의 위치에서 광투과성 재료가 절단되게 되어, 발진량이 지극히 낮고, 다이싱 상처, 치핑 또는 재료 표면에서의 크랙 등이 발생할 가능성도 지극히 낮아진다. 또한, 광투과성 재료는 광투과성 재료의 광학적 손상 또는 광학적 절연파 직경에 의해 형성된 크랙에 따라 절단되기 때문에, 절단의 방향 안정성이 향상되고, 절단 방향의 제어를 용이하게 행할 수 있다. 또한, 다이아몬드 커터에 의한

다이싱에 비하여, 다이싱 폭을 작게 할 수 있어, 1개의 광투과성 재료로부터 절단된 광투과성 재료의 수를 늘리는 것이 가능해진다. 이들의 결과, 본 발명에 의하면, 지극히 용이하고 또한 적절하게 광투과성 재료를 절단할 수 있다.

[0235] 또한, 본 발명에 관계되는 광투과성 재료의 절단방법에 있어서는 발진분말체가 거의 없기 때문에, 발진분말체의 비산 방지를 위한 윤활 세정수가 불필요해져, 절단 공정에서의 드라이 프로세스화를 실현할 수 있다.

[0236] 또한, 본 발명에 관계되는 광투과성 재료의 절단방법에 있어서는 크랙의 형성이 레이저 광에 의한 비접촉 가공으로 실현되기 때문에, 종래의 기술과 같이 다이아몬드 커터에 의한 다이싱에 있어서의 블레이드의 내구성, 교환 빈도 등의 문제가 생기지 않는다. 또한, 본 발명에 관계되는 광투과성 재료의 절단방법에 있어서는 상술한 바와 같이 크랙의 형성이 레이저 광에 의한 비접촉 가공으로 실현되기 때문에, 광투과성 재료를 완전히 절단하지 않고, 광투과성 재료를 잘라내는 절단 패턴에 따라, 광투과성 재료를 절단하는 것이 가능하다.

[0237] 또한, 절단 공정에서, 형성된 크랙을 성장시킴으로써 광투과성 재료를 절단하는 것이 바람직하다. 이와 같이, 절단 공정에서, 형성된 크랙을 성장시킴으로써 광투과성 재료를 절단하는 것으로, 형성된 크랙의 위치에서 광투과성 재료를 확실하게 절단할 수 있다.

[0238] 또한, 절단 공정에서, 가압 부재를 사용하여, 광투과성 재료에 응력을 가함으로써, 크랙을 성장시키고 광투과성 재료를 절단하는 것이 바람직하다. 이와 같이, 절단 공정에서, 가압 부재를 사용하여, 광투과성 재료에 응력을 가함으로써, 크랙을 성장시켜서 광투과성 재료를 절단함으로써, 크랙의 위치에서 광투과성 재료를 더 한층 확실하게 절단할 수 있다.

[0239] 본 발명에 관계되는 광투과성 재료의 절단장치는 레이저 광원과, 광투과성 재료를 유지하는 유지 수단과, 레이저 광원으로부터 출사된 레이저 광을 그 집광점이 광투과성 재료의 내부에 위치하도록 집광시키는 광학 소자와, 광투과성 재료의 내부에 있어서의 레이저 광의 집광점 및 그 근방에만 형성된 개질부의 위치에서 광투과성 재료를 절단하는 절단 수단을 구비한 것을 특징으로 하고 있다.

[0240] 본 발명에 관계되는 광투과성 재료의 절단장치에서는 광학 소자에 의해, 레이저 광의 집광점이 광투과성 재료의 내부에 위치하도록 레이저 광이 집광되는 것으로, 광투과성 재료의 내부에 있어서의 집광점 및 그 근방에만 개질부가 형성된다. 그리고, 절단 수단이 광투과성 재료의 내부에 있어서의 레이저 광의 집광점 및 그 근방에만 형성되는 개질부의 위치에서 광투과성 재료를 절단하기 때문에, 광투과성 재료는 형성된 개질부에 따라 확실하게 절단되게 되어, 발진량이 지극히 낮고, 다이싱 상처, 치핑 또는 재료 표면에서의 크랙 등이 발생할 가능성도 지극히 낮아진다. 또한, 광투과성 재료는 개질부에 따라 절단되기 때문에, 절단의 방향 안정성이 향상되고, 절단 방향의 제어를 용이하게 행할 수 있다. 또한, 다이아몬드 커터에 의한 다이싱에 비하여, 다이싱 폭을 작게 할 수 있어, 1개의 광투과성 재료로부터 절단된 광투과성 재료의 수를 늘리는 것이 가능해진다. 이 결과, 본 발명에 의하면, 지극히 용이하고 또한 적절하게 광투과성 재료를 절단할 수 있다.

[0241] 또한, 본 발명에 관계되는 광투과성 재료의 절단장치에 있어서는 발진분말체가 거의 없기 때문에, 발진분말체의 비산 방지를 위한 윤활 세정수가 불필요해져, 절단 공정에서의 드라이 프로세스화를 실현할 수 있다.

[0242] 또한, 본 발명에 관계되는 광투과성 재료의 절단장치에 있어서는 개질부가 레이저 광에 의한 비접촉 가공으로 형성되기 때문에, 종래의 기술과 같이 다이아몬드 커터에 의한 다이싱에 있어서의 블레이드의 내구성, 교환 빈도 등의 문제가 생기지 않는다. 또한, 본 발명에 관계되는 광투과성 재료의 절단장치에 있어서는 상술한 바와 같이 개질부가 레이저 광에 의한 비접촉 가공으로 형성되기 때문에, 광투과성 재료를 완전히 절단하지 않고, 광투과성 재료를 잘라내는 절단 패턴에 따라, 광투과성 재료를 절단하는 것이 가능하다.

[0243] 본 발명에 관계되는 광투과성 재료의 절단장치는 레이저 광원과, 광투과성 재료를 유지하는 유지 수단과, 레이저 광원으로부터 출사된 레이저 광을 그 집광점이 광투과성 재료의 내부에 위치하도록 집광시키는 광학 소자와, 광투과성 재료의 내부에 있어서의 레이저 광의 집광점 및 그 근방에만 형성되는 크랙을 성장시켜 광투과성 재료를 절단하는 절단 수단을 구비한 것을 특징으로 하고 있다.

[0244] 본 발명에 관계되는 광투과성 재료의 절단장치에서는 광학 소자에 의해, 레이저 광의 집광점이 광투과성 재료의 내부에 위치하도록 레이저 광이 집광되는 것으로, 집광점에서의 레이저 광의 에너지 밀도가 광투과성 재료의 광학적 손상 또는 광학적 절연파 직경의 임계치를 넘어, 광투과성 재료의 내부에 있어서의 집광점 및 그 근방에만 크랙이 형성된다. 그리고, 절단 수단이, 광투과성 재료의 내부에 있어서의 레이저 광의 집광점 및 그 근방에만 형성되는 크랙을 성장시켜 광투과성 재료를 절단하기 때문에, 광투과성 재료는 광투과성 재료의 광학적 손상 또는 광학적 절연 파괴에 의해 형성된 크랙에 따라 확실하게 절단되게 되어, 발진량이 지극히 낮고, 다이싱 상처,

치핑 또는 재료 표면에서의 크랙 등이 발생할 가능성도 지극히 낮아진다. 또한, 광투과성 재료는 크랙에 따라 절단되기 때문에, 절단의 방향 안정성이 향상되고, 절단 방향의 제어를 용이하게 행할 수 있다. 또한, 다이아몬드 커터에 의한 다이싱에 비하여, 다이싱 폭을 작게 할 수 있고, 1개의 광투과성 재료로부터 절단된 광투과성 재료의 수를 늘리는 것이 가능해진다. 이 결과, 본 발명에 의하면, 지극히 용이하고 또한 적절하게 광투과성 재료를 절단할 수 있다.

[0245] 또한, 본 발명에 관계되는 광투과성 재료의 절단장치에 있어서는 발진분말체가 거의 없기 때문에, 발진분말체의 비산 방지를 위한 윤활 세정수가 불필요해져, 절단 공정에서의 드라이 프로세스화를 실현할 수 있다.

[0246] 또한, 본 발명에 관계되는 광투과성 재료의 절단장치에 있어서는 크랙이 레이저 광에 의한 비접촉 가공으로 형성되기 때문에, 종래의 기술과 같이 다이아몬드 커터에 의한 다이싱에 있어서의 블레이드의 내구성, 교환 빈도 등의 문제가 생기지 않는다. 또한, 본 발명에 관계되는 광투과성 재료의 절단장치에 있어서는 상술한 바와 같이 크랙이 레이저 광에 의한 비접촉 가공으로 형성되기 때문에, 광투과성 재료를 완전히 절단하지 않고, 광투과성 재료를 잘라내는 절단 패턴에 따라, 광투과성 재료를 절단하는 것이 가능하다.

[0247] 또한, 절단 수단은, 광투과성 재료에 응력을 인가하기 위한 가압 부재를 갖고 있는 것이 바람직하다. 이와 같이, 절단 수단이 광투과성 재료에 응력을 인가하기 위한 가압 부재를 갖는 것에 의해, 이 가압 부재에 의해 광투과성 재료에 응력을 인가하여 크랙을 성장시키는 것이 가능해져, 형성된 크랙의 위치에 있어서 광투과성 재료를 더 한층 확실하게 절단할 수 있다.

[0248] 또한, 광투과성 재료는 그 표면에 복수의 회로부가 형성된 광투과성 재료이며, 광학 소자는 인접하는 회로부 사이에 형성된 간극에 면하는 광투과성 재료 부분의 내부에 집광점이 위치하도록 레이저 광을 집광하는 것이 바람직하다. 이와 같이 구성한 경우, 인접하는 회로부 사이에 형성된 간극의 위치에 있어서, 광투과성 재료를 확실하게 절단할 수 있다.

[0249] 또한, 광학 소자는 회로부에 레이저 광이 조사되지 않는 각도로 레이저 광을 집광하는 것이 바람직하다. 이와 같이, 광학 소자가 회로부에 레이저 광이 조사되지 않는 각도로 레이저 광을 집광함으로써, 레이저 광이 회로부에 입사하는 것을 방지할 수 있어, 회로부를 레이저 광으로부터 보호할 수 있다.

[0250] 또한, 집광점을 레이저 광의 광축과 교차하는 방향으로 이동시키기 위한 집광점 이동 수단을 더욱 구비하고 있는 것이 바람직하다. 이와 같이, 집광점을 레이저 광의 광축과 교차하는 방향으로 이동시키기 위한 집광점 이동 수단을 더욱 구비함으로써, 크랙을 집광점의 이동 방향에 따라 연속적으로 형성하는 것이 가능해져, 절단의 방향 안정성이 더 한층 향상되고, 절단의 방향 제어를 더 한층 용이하게 행할 수 있다.

[0251] [제 3 예]

[0252] 본 실시예의 제 3 예에 대해서 설명한다. 제 3 예 및 나중에 설명하는 제 4 예는 직선 편광을 한 레이저 광의 직선 편광의 방향이 가공 대상물의 절단 예정 라인에 따르도록 하여, 가공 대상물에 레이저 광을 조사함으로써, 가공 대상물에 개질 영역을 형성하고 있다. 그에 따라, 레이저 광이 펄스 레이저 광의 경우, 1펄스의 쇼트(즉 1펄스의 레이저 조사)로 형성된 개질 스폿에 있어서, 절단 예정 라인에 따른 방향의 치수를 상대적으로 크게 할 수 있다. 이것을 본 발명자는 실험에 의해 확인하였다. 실험 조건은 다음과 같다.

[0253] (A) 가공 대상물 : 파이렉스유리 웨이퍼(두께 700㎛, 외경 4인치)

[0254] (B) 레이저

[0255] 광원 : 반도체 레이저 여기 Nd : YAG 레이저

[0256] 파장 : 1064㎚

[0257] 레이저 광 스폿 단면적 : 3.14×10^{-8}㎠

[0258] 발진 형태 : Q스위치 펄스

[0259] 반복 주파수 : 100㎑

[0260] 펄스폭 : 30ns

[0261] 출력 : 출력<1mJ/펄스

[0262] 레이저 광 품질 : TEM_{oo}

[0263] 편광 특성 : 직선 편광

[0264] (C) 집광용 렌즈

[0265] 배율 : 50배

[0266] NA : 0.55

[0267] 레이저 광파장에 대한 투과율 : 60퍼센트

[0268] (D) 가공 대상물이 배치되는 배치대의 이동 속도 : 100㎜/초

[0269] 가공 대상물인 샘플 1, 2의 각각에 있어서, 가공 대상물의 내부에 집광점을 맞추어 펄스 레이저 광을 1펄스 쇼트하여, 가공 대상물의 내부에 다광자 흡수에 의한 크랙 영역을 형성하였다. 샘플 1에 직선 편광의 펄스 레이저 광을 조사하여, 샘플 2에 원 편광의 펄스 레이저 광을 조사하였다.

[0270] 도 33은 샘플 1의 평면 사진을 나타낸 도면이고, 도 34는 샘플 2의 평면 사진을 나타낸 도면이다. 이들의 평면은 펄스 레이저 광의 입사면(209)이다. 기호 LP는 직선 편광을 모식적으로 도시하고 있고, 기호 CP는 원 편광을 모식적으로 도시하고 있다. 그리고, 도 35는 도 33에 도시된 샘플 1의 XXXV-XXXV선에 따른 단면을 모식적으로 나타낸 도면이다. 도 36은 도 34에 도시된 샘플 2의 XXXVI-XXXVI선에 따른 단면을 모식적으로 나타낸 도면이다. 가공 대상물인 유리 웨이퍼(211)의 내부에 크랙 스폿(90)이 형성되어 있다.

[0271] 도 35에 도시된 바와 같이 펄스 레이저 광이 직선 편광의 경우, 1펄스의 쇼트로 형성되는 크랙 스폿(90)의 치수는 직선 편광의 방향에 따른 방향에서 상대적으로 커져 있다. 이것은, 크랙 스폿(90)의 형성이 이 방향으로 촉진되어 있는 것을 나타내고 있다. 한편, 도 36에 도시된 바와 같이 펄스 레이저 광이 원 편광인 경우, 1펄스의 쇼트로 형성되는 크랙 스폿(90)의 치수는 특정한 방향으로 커지지 않는다. 길이가 최대가 되는 방향의 크랙 스폿(90)의 치수는 샘플 1쪽이 샘플 2보다 커져 있다.

[0272] 이 실험 결과로부터 절단 예정 라인에 따른 크랙 영역을 효율적으로 형성할 수 있는 것을 설명한다. 도 37 및 도 38은, 가공 대상물의 절단 예정 라인에 따라 형성된 크랙 영역의 평면도이다. 1펄스의 쇼트로 형성되는 크랙 스폿(90)을 절단 예정 라인(5)에 따라 다수 형성함으로써, 절단 예정 라인(5)에 따른 크랙 영역(9)이 형성되어 있다. 도 37은, 펄스 레이저 광의 직선 편광의 방향이 절단 예정 라인(5)에 따르도록 하여, 펄스 레이저 광을 조사하여 형성된 크랙 영역(9)을 도시하고 있다. 크랙 스폿(90)은 절단 예정 라인(5)의 방향에 따른 형성이 촉진됨으로써, 이 방향의 치수가 비교적 크게 되어 있다. 따라서, 적은 쇼트 수로 절단 예정 라인(5)에 따른 크랙 영역(9)을 형성할 수 있다. 한편, 도 38은, 펄스 레이저 광의 직선 편광의 방향을 절단 예정 라인(5)과 직교하여 펄스 레이저 광을 조사하여 형성된 크랙 영역(9)을 도시하고 있다. 크랙 스폿(90)의 절단 예정 라인(5)의 방향의 치수는 비교적 작기 때문에, 크랙 영역(9)을 형성하는 데 도 37의 경우에 비교하여 쇼트 수가 많아진다. 따라서, 도 37에 도시된 본 실시예에 관계되는 크랙 영역의 형성방법은, 도 38에 도시된 방법보다도 효율적으로 크랙 영역을 형성할 수 있다.

[0273] 또한, 도 38에 도시된 방법은, 펄스 레이저 광의 직선 편광의 방향이 절단 예정 라인(5)과 직교하여 펄스 레이저 광이 조사되어 있기 때문에, 쇼트시에 형성되는 크랙 스폿(90)은 절단 예정 라인(5)의 폭 방향에서 형성이 촉진되어 있다. 따라서, 크랙 스폿(90)의 절단 예정 라인(5)의 폭 방향으로의 연장이 지나치게 커지면, 가공 대상물을 절단 예정 라인(5)에 따라 정밀하게 절단할 수 없다. 그에 대하여, 도 37에 도시된 본 실시예에 관계되는 방법에 있어서, 쇼트시에 형성되는 크랙 스폿(90)은, 절단 예정 라인(5)에 따른 방향 이외의 방향으로 지나치게 연장되지 않기 때문에, 가공 대상물이 정밀한 절단이 가능해진다.

[0274] 또, 개질 영역의 치수 중 소정 방향의 치수가 상대적으로 크게 하는 것에 대해서, 직선 편광의 경우로 설명하였지만, 타원 편광에도 동일하게 해당된다. 즉, 도 39에 도시된 바와 같이, 레이저 광의 타원 편광(EP)을 나타내는 타원의 장축(b) 방향에 크랙 스폿(90)의 형성이 촉진되고, 이 방향에 따른 치수가 상대적으로 큰 크랙 스폿(90)을 형성할 수 있다. 따라서, 1 이외의 타원율의 타원 편광을 한 레이저 광의 타원 편광을 나타내는 타원의 장축이 가공 대상물의 절단 예정 라인에 따르도록 하여 크랙 영역을 형성하면, 직선 편광의 경우와 같은 효과가 생긴다. 또, 타원율은 단축(a)의 길이의 반/장축(b)의 길이의 반이다. 타원율이 작아질 수록, 크랙 스폿(90)은 장축(b) 방향에 따른 치수가 커진다. 직선 편광은 타원율이 영인 타원 편광이다. 타원율이 1에서는 원 편광이 되고, 크랙 영역의 소정 방향의 치수를 상대적으로 크게 할 수 없다. 따라서, 본 실시예에 있어서는 타원

율 1의 경우는 포함되지 않는다.

[0275] 개질 영역의 치수 중 소정 방향의 치수를 상대적으로 크게 하는 것에 대해서, 크랙 영역의 경우로 설명하였지만, 용융 처리 영역이나 굴절율 변화 영역에도 동일하게 해당된다. 또한, 펄스 레이저 광에 대해서 설명하였지만, 연속파 레이저 광에 대해서도 동일하게 해당된다. 이상은 나중에 설명하는 제 4 예에도 동일하게 해당된다.

[0276] 다음에, 본 실시예의 제 3 예에 관계되는 레이저 가공장치에 대해서 설명한다. 도 40은 이 레이저 가공장치(200)의 개략 구성도이다. 레이저 가공장치(200)에 대해서, 도 14에 도시된 제 1 예에 관계되는 레이저 가공장치(100)와의 상위점을 중심으로 설명한다. 레이저 가공장치(200)는 레이저 광원(101)으로부터 출사된 레이저 광(L)의 편광의 타원율을 조절하는 타원율 조절부(201)와, 타원율 조절부(201)로부터 출사된 레이저 광(L)의 편광을 약 90° 만큼 회전 조절하는 90° 회전 조절부(203)를 구비한다.

[0277] 타원율 조절부(201)는 도 41에 도시된 바와 같은 1/4 파장판(207)을 포함한다. 1/4 파장판(207)은 방위각(Θ)을 바꿈으로써 타원 편광의 타원율을 조절할 수 있다. 즉, 1/4 파장판(207)에 예를 들면 직선 편광(LP)의 입사광이 입사되면, 투과광은 소정의 타원율의 타원 편광(EP)이 된다. 방위각은 타원의 장축과 X축이 이루는 각이다. 상술한 바와 같이 본 실시예에 있어서, 타원율은 1 이외의 숫자가 적용된다. 타원율 조절부(201)에 의해 레이저 광(L)의 편광을 원하는 타원율을 갖는 타원 편광(EP)이다. 가공 대상물(1)의 두께, 재질 등을 고려하여 타원율은 조절된다.

[0278] 가공 대상물(1)에 직선 편광(LP)의 레이저 광(L)을 조사하는 경우, 레이저 광원(101)으로부터 출사되는 레이저 광(L)은 직선 편광(LP)이기 때문에, 레이저 광(L)이 직선 편광(LP)인 채로 1/4 파장판을 통과하도록, 타원율 조절부(201)는 1/4 파장판(207) 방위각(Θ)을 조절한다. 또한, 레이저 광원(101)으로부터는 직선 편광의 레이저 광(L)이 출사되기 때문에, 가공 대상물(1)의 레이저 조사에 직선 편광(LP)의 레이저 광만을 이용하는 경우, 타원율 조절부(201)는 불필요해진다.

[0279] 90° 회전 조절부(203)는 도 42에 도시된 바와 같은 1/2 파장판(205)을 포함한다. 1/2 파장판(205)은 직선 편광의 입사광에 대하여 직교하는 편광을 만드는 파장판이다. 즉, 1/2 파장판(205)에 예를 들면 방위각 45° 의 직선 편광(LP1)의 입사광이 입사되면, 투과광은 입사광(LP1)에 대하여 90° 만큼 회전한 직선 편광(LP2)이 된다. 90° 회전 조절부(203)는 타원율 조절부(201)로부터 출사된 레이저 광(L)의 편광을 90° 만큼 회전시키는 경우, 1/2 파장판(205)을 레이저 광(L)의 광축상에 배치시키는 동작을 한다. 또한, 90° 회전 조절부(203)는 타원율 조절부(201)로부터 출사된 레이저 광(L)의 편광을 회전시키지 않는 경우, 1/2 파장판(205)을 레이저 광(L)의 광로 바깥(즉, 레이저 광(L)이 1/2 파장판(205)을 통과하지 않는 장소)에 배치시키는 동작을 한다.

[0280] 다이크로익 미러(dichroic mirror: 103)는 90° 회전 조절부(203)에서 편광이 90° 만큼 회전 조절되고 또는 조절되지 않는 레이저 광(L)이 입사되고 또한 레이저 광(L)의 광축의 방향을 90° 바꾸도록 배치되어 있다. 레이저 가공장치(200)는 배치대(107)의 X-Y 평면을 가공 대상물(1)의 두께 방향을 축으로 하여 회전시키기 위한 Θ축 스테이지(213)를 구비한다. 스테이지 제어부(115)는 스테이지(109, 111, 113)의 이동 제어 외에, 스테이지(213)의 이동을 제어한다.

[0281] 다음에, 도 40 및 도 43을 참조하여, 본 실시예의 제 3 예에 관계되는 레이저 가공방법을 설명한다. 도 43은, 이 레이저 가공방법을 설명하기 위한 플로 차트이다. 가공 대상물(1)은 실리콘 웨이퍼이다. 스텝 S101 내지 스텝 S111까지는 도 15에 도시된 제 1 예와 같다.

[0282] 타원율 조절부(201)에 의해, 레이저 광원(101)으로부터 출사되는 직선 편광(LP)의 레이저 광(L)의 타원율을 조절한다(S121). 타원율 조절부(201)에 있어서 1/4 파장판 방위각(Θ)을 바꿈으로써, 원하는 타원율의 타원 편광(EP)을 갖는 레이저 광(L)을 얻을 수 있다.

[0283] 우선, 가공 대상물(1)을 Y축 방향에 따라 가공하기 때문에, 레이저 광(L)의 타원 편광(EP)을 나타내는 타원의 장축이 가공 대상물(1)의 Y축 방향으로 연장된 절단 예정 라인(5)의 방향과 일치하도록 조절한다(S123). 이것은, Θ축 스테이지(213)를 회전시킴으로써 달성된다. 따라서, Θ축 스테이지(213)는 장축 조절 수단이나 직선 편광 조절 수단으로서 기능한다.

[0284] Y축 방향에 따라 가공 대상물(1)을 가공하기 때문에, 90° 회전 조절부(203)는 레이저 광(L)의 편광을 회전시키지 않는 조절을 한다(S125). 즉, 1/2 파장판을 레이저 광(L)의 광로 바깥에 배치시키는 동작을 한다.

[0285] 레이저 광원(101)으로부터 레이저 광(L)을 발생시켜서, 레이저 광(L)을 가공 대상물(1)의 표면(3)의 Y축 방향으

로 연장된 절단 예정 라인(5)에 조사한다. 도 44는 가공 대상물(1)의 평면도이다. 레이저 광(L)의 타원 편광(EP)의 타원을 나타내는 장축이 가공 대상물(1)의 제일 오른쪽의 절단 예정 라인(5)에 따르도록 하여, 가공 대상물(1)에 레이저 광(L)이 조사된다. 레이저 광(L)의 집광점(P)은 가공 대상물(1)의 내부에 위치하고 있기 때문에, 용융 처리 영역은 가공 대상물(1)의 내부에만 형성된다. 절단 예정 라인(5)에 따르도록 Y축 스테이지(111)를 이동시켜, 용융 처리 영역을 절단 예정 라인(5)에 따르도록 가공 대상물(1)의 내부에 형성한다.

[0286] 그리고, X축 스테이지(109)를 이동시켜 레이저 광(L)을 인접하는 절단 예정 라인(5)에 조사하여, 상기와 같이 하여 용융 처리 영역을 인접하는 절단 예정 라인(5)에 따르도록 가공 대상물(1)의 내부에 형성한다. 이것을 반복함으로써, 오른쪽부터 순차로 각 절단 예정 라인(5)에 따라 가공 대상물(1)의 내부에 용융 처리 영역을 형성한다(S127). 또, 직선 편광(LP)의 레이저 광(L)을 가공 대상물(1)에 조사하는 경우는 도 45에 도시된 바와 같이 된다. 즉, 레이저 광(L)의 직선 편광(LP)의 방향이 가공 대상물(1)의 절단 예정 라인(5)에 따르도록, 레이저 광(L)이 가공 대상물(1)에 조사된다.

[0287] 다음에, 90° 회전 조절부(203)에 의해, 1/2 파장판(205; 도 42)을 레이저 광(L)의 광축상에 배치시키는 동작을 한다. 그에 따라, 타원율 조절부(201)로부터 출사된 레이저 광(L)의 편광을 90° 만큼 회전시키는 조절을 한다(S129).

[0288] 다음에, 레이저 광원(101)으로부터 레이저 광(L)을 발생시켜서, 레이저 광(L)을 가공 대상물(1)의 표면(3)의 X축 방향으로 연장된 절단 예정 라인(5)에 조사한다. 도 46은 가공 대상물(1)의 평면도이다. 레이저 광(L)의 타원 편광(EP)을 나타내는 타원의 장축의 방향이 가공 대상물(1)의 제일 아래의 X축 방향으로 연장된 절단 예정 라인(5)에 따르도록 하여, 가공 대상물(1)에 레이저 광(L)이 조사된다. 레이저 광(L)의 집광점(P)은 가공 대상물(1)의 내부에 위치하고 있기 때문에, 용융 처리 영역은 가공 대상물(1)의 내부에만 형성된다. 절단 예정 라인(5)에 따르도록 X축 스테이지(109)를 이동시켜, 용융 처리 영역을 절단 예정 라인(5)에 따르도록 가공 대상물(1)의 내부에 형성한다.

[0289] 그리고, Y축 스테이지(111)를 이동시켜, 레이저 광(L)이 바로 위의 절단 예정 라인(5)을 조사하도록 하여, 상기와 같이 하여 용융 처리 영역을 절단 예정 라인(5)에 따르도록 가공 대상물(1)의 내부에 형성한다. 이것을 반복함으로써, 아래부터 순차로 각 절단 예정 라인에 따라 가공 대상물(1)의 내부에 용융 처리 영역을 형성한다(S131). 또, 직선 편광(LP)의 레이저 광(L)을 가공 대상물(1)에 조사하는 경우는 도 47에 도시된 바와 같이 된다.

[0290] 그리고, 가공 대상물(1)을 절단 예정 라인(5)에 따라 굴곡시킴으로써, 가공 대상물(1)을 절단한다(S133). 그에 따라, 가공 대상물(1)을 실리콘 칩으로 분할한다.

[0291] 제 3 예의 효과를 설명한다. 제 3 예에 의하면, 도 44 및 도 46에 도시된 바와 같이 가공 대상물(1)에는 펄스 레이저 광(L)의 타원 편광(EP)을 나타내는 타원의 장축의 방향이 절단 예정 라인(5)에 따르도록 하여, 펄스 레이저 광(L)이 조사되어 있다. 이 때문에 크랙 스폿의 절단 예정 라인(5)의 방향의 치수는 비교적 커지기 때문에, 적은 쇼트 수로 절단 예정 라인(5)에 따른 크랙 영역을 형성할 수 있다. 이와 같이 제 3 예에서는 크랙 영역을 효율적으로 형성할 수 있기 때문에, 가공 대상물(1)의 가공 스피드를 향상시킬 수 있다. 또한, 쇼트시에 형성되는 크랙 스폿은 절단 예정 라인(5)에 따른 방향 이외의 방향으로 그다지 연장되지 않기 때문에, 가공 대상물(1)을 절단 예정 라인(5)에 따라 정밀하게 절단할 수 있다. 이들의 효과는 나중에 설명하는 제 4 예서도 동일하게 해당된다.

[0292] [제 4 예]

[0293] 본 실시예의 제 4 예에 대해서 제 3 예와의 상위를 중심으로 설명한다. 도 48은 이 레이저 가공장치(300)의 개략 구성도이다. 레이저 가공장치(300)의 구성 요소 중, 도 40에 도시된 제 3 예에 관계되는 레이저 가공장치(200)의 구성 요소와 동일 요소에 대해서는 동일 부호를 부호를 붙이고 그 설명을 생략한다.

[0294] 레이저 가공장치(300)에는 제 3 예의 90° 회전 조절부(203)가 설치되어 있지 않다. Θ축 스테이지(213)에 의해, 배치대(107)의 X-Y 평면이 가공 대상물(1)의 두께 방향을 축으로 하여 회전시킬 수 있다. 그에 따라, 타원율 조절부(201)로부터 출사된 레이저 광(L)의 편광을 상대적으로 90° 만큼 회전시키는 조절을 한다.

[0295] 본 실시예의 제 4 예에 관계되는 레이저 가공방법에 대해서 설명한다. 제 4 예에 있어서도 도 43에 도시된 제 3 예에 관계되는 레이저 가공방법의 스텝 S101로부터 스텝 S123의 동작을 한다. 제 4 예에는 90° 회전 조절부(203)가 설치되어 있지 않기 때문에, 다음 스텝 S125의 동작은 행하여지지 않는다.

[0296] 스텝 S123 후, 스텝 S127의 동작이 행하여진다. 여기까지의 동작에 의해, 제 4 예에 있어서도 제 3 예와 마찬가지로 가공 대상물(1)은 도 44에 도시된 바와 같이 가공된다. 그 후, 스테이지 제어부(115)가 Θ축 스테이지(213)를 90° 만큼 회전시키는 제어를 한다. 이 Θ축 스테이지(213)의 회전에 의해 가공 대상물(1)은 X-Y 평면에 있어서 90° 회전한다. 그에 따라, 도 49에 도시된 바와 같이, 이미 개질 영역 형성 공정이 종료한 절단 예정 라인(5)과 교차하는 절단 예정 라인에 따라, 타원 편광(EP)의 장축을 맞출 수 있다.

[0297] 그리고, 스텝 S127과 같이, 레이저 광(L)을 가공 대상물(1)에 조사함으로써, 오른쪽부터 순차로 각 절단 예정 라인(5)에 따라 가공 대상물(1)의 내부에 용융 처리 영역을 형성한다. 마지막에, 스텝 S133과 동일하게 하여 가공 대상물(1)을 절단하여, 가공 대상물(1)을 실리콘 칩으로 분할한다.

[0298] 이상 설명한 본 실시예의 제 3 예 및 제 4 예에서는 다광자 흡수에 의한 개질 영역 형성에 대해서 설명하였다. 하지만, 본 발명은 다광자 흡수에 의한 개질 영역을 형성하지 않고, 타원 편광을 나타내는 타원의 장축 방향이 가공 대상물의 절단 예정 라인을 따르도록, 가공 대상물의 내부에 집광점을 맞추어 가공 대상물에 레이저 광을 조사함으로써 가공 대상물을 절단하여도 좋다. 그에 따라서도 가공 대상물을 절단 예정 라인에 따라 효율적으로 절단하는 것이 가능해진다.

[0299] [제 5 예]

[0300] 본 실시예의 제 5 예, 나중에 설명하는 제 6 및 제 7 예는 펄스 레이저 광의 파워의 크기나 집광용 렌즈를 포함하는 광학계의 개구수의 크기를 조절함으로써, 개질 스폿의 치수를 제어하고 있다. 개질 스폿은, 펄스 레이저 광의 1펄스의 쇼트(즉 1펄스의 레이저 조사)로 형성되는 개질 부분이며, 개질 스폿의 치수 제어의 필요성에 의해 개질 영역이 된다. 개질 스폿의 치수 제어의 필요성에 대해서 크랙 스폿을 예로 설명한다.

[0301] 크랙 스폿이 지나치게 크면, 절단 예정 라인에 따른 가공 대상물의 절단의 정밀도가 내려가고, 또한, 절단면의 평탄성이 나빠진다. 그에 대해서 도 50 내지 도 55를 참조하여 설명한다. 도 50은 본 실시예에 관계되는 레이저 가공방법을 사용하여 크랙 스폿을 비교적 크게 형성한 경우의 가공 대상물(1)의 평면도이다. 도 51은 도 50의 절단 예정 라인(5)상의 LI-LI에 따라 절단한 단면도이다. 도 52, 도 53, 도 54는 각각 도 50의 절단 예정 라인(5)과 직교하는 LII-LII, LIII-LIII, LIV-LIV에 따라 절단한 단면도이다. 이들의 도면으로부터 알 수 있는 바와 같이, 크랙 스폿(90)이 지나치게 크면, 크랙 스폿(90)의 크기의 불균일함도 커진다. 따라서, 도 55에 도시된 바와 같이 절단 예정 라인(5)에 따른 가공 대상물(1)의 절단 정밀도가 나빠진다. 또한, 가공 대상물(1)의 절단면(43)의 요철이 커지기 때문에 절단면(43)의 평탄성이 나빠진다. 그에 대하여, 도 56에 도시된 바와 같이, 본 실시예에 관계되는 레이저 가공방법을 사용하여 크랙 스폿(90)을 비교적 작게(예를 들면 20㎛ 이하) 형성하면, 크랙 스폿(90)을 균일하게 형성할 수 있고 또한 크랙 스폿(90)의 절단 예정 라인 방향으로부터 어긋난 방향의 확대(넓이)를 억제할 수 있다. 따라서, 도 57에 도시된 바와 같이 절단 예정 라인(5)에 따른 가공 대상물(1)의 절단의 정밀도나 절단면(43)의 평탄성을 향상시킬 수 있다.

[0302] 이와 같이 크랙 스폿이 지나치게 크면, 절단 예정 라인에 따른 정밀한 절단이나 평탄한 절단면을 얻을 수 있는 절단을 할 수 없다. 단, 두께가 큰 가공 대상물에 대하여 크랙 스폿이 극도로 지나치게 작으면 가공 대상물의 절단이 곤란해진다.

[0303] 본 실시예에 의하면 크랙 스폿의 치수를 제어할 수 있는 것에 대해서 설명한다. 도 7에 도시된 바와 같이, 피크 파워 밀도가 같은 경우, 집광용 렌즈의 배율 100, NA 0.8인 경우의 크랙 스폿의 크기는 집광용 렌즈의 배율 50, NA 0.55인 경우의 크랙 스폿의 크기보다도 작아진다. 피크 파워 밀도는 앞서 설명한 바와 같이 레이저 광의 1펄스당 에너지, 즉 펄스 레이저 광의 파워와 비례하기 때문에, 피크 파워 밀도가 같다는 것은 레이저 광의 파워가 같은 것을 의미한다. 이와 같이, 레이저 광의 파워가 같고 또한 빔 스폿 단면적이 같은 경우, 집광용 렌즈의 개구수가 커(작아)지면 크랙 스폿의 치수를 작게(크게) 제어할 수 있다.

[0304] 또한, 집광용 렌즈의 개구수가 같더라도, 레이저 광의 파워(피크 파워 밀도)를 작게 하면 크랙 스폿의 치수를 작게 제어할 수 있고, 레이저 광의 파워를 크게 하면 크랙 스폿의 치수를 크게 제어할 수 있다.

[0305] 따라서, 도 7에 도시된 그래프로부터 알 수 있는 바와 같이, 집광용 렌즈의 개구수를 크게 하는 것이나 레이저 광의 파워를 작게 함으로써 의해 크랙 스폿의 치수를 작게 제어할 수 있다. 반대로, 집광용 렌즈의 개구수를 작게 하는 것이나 레이저 광의 파워를 크게 함으로써 크랙 스폿의 치수를 크게 제어할 수 있다.

[0306] 크랙 스폿의 치수 제어에 대해서, 도면을 참조하여 더욱 설명한다. 도 58에 도시된 예는 소정의 개구수의 집광용 렌즈를 사용하여 펄스 레이저 광(L)이 내부에 집광되어 있는 가공 대상물(1)의 단면도이다. 영역(41)은 이

레이저 조사에 의해 다광자 흡수를 일으키게 하는 임계치 이상의 전계 강도가 된 영역이다. 도 59는 이 레이저 광(L)의 조사에 의한 다광자 흡수가 원인이 되어 형성된 크랙 스폿(90)의 단면도이다. 한편, 도 60에 도시된 예는 도 58에 도시된 예보다 큰 개구수의 집광용 렌즈를 사용하여 펄스 레이저 광(L)이 내부에 집광되어 있는 가공 대상물(1)의 단면도이다. 도 61은 이 레이저 광(L)의 조사에 의한 다광자 흡수가 원인이 되어 형성된 크랙 스폿(90)의 단면도이다. 크랙 스폿(90)의 높이(h)는 영역(41)의 가공 대상물(1)의 두께 방향에 있어서의 치수에 의존하고, 크랙 스폿(90)의 폭(w)은 영역(41)의 가공 대상물(1)의 두께 방향과 직교하는 방향의 치수에 의존한다. 즉, 영역(41)의 이들의 치수를 작게 하면 크랙 스폿(90)의 높이(h)나 폭(w)을 작게 할 수 있고, 이들의 치수를 크게 하면 크랙 스폿(90)의 높이(h)나 폭(w)을 크게 할 수 있다. 도 59와 도 61을 비교하면 분명한 바와 같이, 레이저 광의 파워가 같은 경우, 집광용 렌즈의 개구수를 크게 함으로써, 크랙 스폿(90)의 높이(h)나 폭(w)의 치수를 작게(크게) 제어할 수 있다.

[0307] 또한, 도 62에 도시된 예는 도 58에 도시된 예보다 작은 파워의 펄스 레이저 광(L)이 내부에 집광되어 있는 가공 대상물(1)의 단면도이다. 도 62에 도시된 예에서는 레이저 광의 파워를 작게 하고 있기 때문에 영역(41)의 면적은 도 58에 도시된 영역(41)보다도 작아진다. 도 63은 이 레이저 광(L)의 조사에 의한 다광자 흡수가 원인이 되어 형성된 크랙 스폿(90)의 단면도이다. 도 59와 도 63의 비교로부터 분명한 바와 같이, 집광용 렌즈의 개구수가 같은 경우, 레이저 광의 파워를 작게(크게) 하면 크랙 스폿(90)의 높이(h)나 폭(w)의 치수를 작게(크게) 제어할 수 있다.

[0308] 또한, 도 64에 도시된 예는 도 60에 도시된 예보다 작은 파워의 펄스 레이저 광(L)이 내부에 집광되어 있는 가공 대상물(1)의 단면도이다. 도 65는 이 레이저 광(L)의 조사에 의한 다광자 흡수가 원인이 되어 형성된 크랙 스폿(90)의 단면도이다. 도 59와 도 65의 비교로부터 알 수 있는 바와 같이, 집광용 렌즈의 개구수를 작게(크게) 하고 또한 레이저 광의 파워를 작게(크게) 하면, 크랙 스폿(90)의 높이(h)나 폭(w)의 치수를 작게(크게) 제어할 수 있다.

[0309] 그런데, 크랙 스폿이 형성 가능한 전계 강도의 임계치 이상의 전계 강도로 되어 있는 영역을 나타내는 영역(41)이 집광점(P) 및 그 부근에 한정되어 있는 이유는 이하와 같다. 본 실시예는 고빔 품질의 레이저 광원을 이용하고 있기 때문에, 레이저 광의 집광성이 높고 또한 레이저 광의 파장 정도까지 집광 가능해진다. 이 때문에, 이 레이저 광의 빔 프로파일은 가우스 분포(gaussian distribution)가 되기 때문에, 전계 강도는 빔의 중심이 가장 강하고, 중심으로부터 거리가 멀어짐에 따라서 강도가 저하되는 분포가 된다. 이 레이저 광이 실제로 집광용 렌즈에 의해서 집광되는 과정에서도 기본적으로는 가우스 분포의 상태로 집광되어 간다. 따라서, 영역(41)은 집광점(P) 및 그 부근에 한정된다.

[0310] 이상과 같이 본 실시예에 의하면 크랙 스폿의 치수를 제어할 수 있다. 크랙 스폿의 치수는 정밀한 절단 정도의 요구, 절단면에서의 평탄성 정도의 요구, 가공 대상물의 두께의 크기를 고려하여 결정한다. 또한, 크랙 스폿의 치수는 가공 대상물의 재질을 고려하여 결정할 수도 있다. 본 실시예에 의하면, 개질 스폿의 치수를 제어할 수 있기 때문에, 두께가 비교적 작은 가공 대상물에 대해서는 개질 스폿을 작게 함으로써, 절단 예정 라인에 따라 정밀하게 절단을 할 수 있고, 또한, 절단면의 평탄성이 좋은 절단을 하는 것이 가능해진다. 또한, 개질 스폿을 크게 함으로써, 두께가 비교적 큰 가공 대상물이라도 절단이 가능해진다.

[0311] 또한, 예를 들면 가공 대상물의 결정 방향이 원인이 되어, 가공 대상물에 절단이 용이한 방향과 절단이 곤란한 방향이 있는 경우가 있다. 이러한 가공 대상물의 절단에 있어서, 예를 들면 도 56 및 도 57에 도시된 바와 같이, 절단이 용이한 방향에 형성하는 크랙 스폿(90)의 치수를 작게 한다. 한편, 도 57 및 도 66에 도시된 바와 같이, 절단 예정 라인(5)과 직교하는 절단 예정 라인 방향 절단이 곤란한 방향의 경우, 이 방향에 형성하는 크랙 스폿(90)의 치수를 크게 한다. 또, 도 66은 도 57에 도시된 가공 대상물(1)을 LXVI-LXVI에 따라 절단한 도면이다. 따라서, 절단이 용이한 방향에서는 평탄한 절단면을 얻을 수 있고, 또한 절단이 곤란한 방향에서도 절단이 가능해진다.

[0312] 개질 스폿의 치수를 제어할 수 있는 것에 대해서, 크랙 스폿의 경우로 설명하였지만, 용융 처리 스폿이나 굴절율 변화 스폿에서도 동일하게 해당된다. 펄스 레이저 광의 파워는 예를 들면 1펄스당 에너지(J)로 나타낼 수도 있고, 1펄스당 에너지에 레이저 광의 주파수를 이용한 값인 평균 출력(W)으로 나타낼 수도 있다. 이상은 나중에 설명하는 제 6 예 및 제 7 예에서도 동일하게 해당된다.

[0313] 본 실시예의 제 5 예에 관계되는 레이저 가공장치에 대해서 설명한다. 도 67은 이 레이저 가공장치(400)의 개략 구성도이다. 레이저 가공장치(400)에 대해서, 도 14에 도시된 제 1 예에 관계되는 레이저 가공장치(100)와의 상위점을 중심으로 설명한다.

[0314] 레이저 가공장치(400)는 레이저 광원(101)으로부터 출사된 레이저 광(L)의 파워를 조절하는 파워 조절부(401)를 구비한다. 파워 조절부(401)는 예를 들면, 복수의 ND(neutral density) 필터와, 각 ND 필터를 레이저 광(L)의 광축에 대하여 수직의 위치로 이동시키거나 레이저 광(L)의 광로 바깥으로 이동시키기도 하는 기구를 구비한다. ND 필터는 에너지의 상대 분광 분포를 바꾸지 않고 광의 강도를 줄이는 필터이다. 복수의 ND 필터는 각각 감광율이 다르다. 파워 조절부(401)는 복수의 ND 필터 중 어느 것 또는 이것을 조합함으로써, 레이저 광원(101)으로부터 출사된 레이저 광(L)의 파워를 조절한다. 또, 복수의 ND 필터의 감광율을 같게 하고, 파워 조절부(401)가 레이저 광(L)의 광축에 대하여 수직의 위치로 이동시키는 ND 필터의 개수를 바꿈으로써, 레이저 광원(101)으로부터 출사된 레이저 광(L)의 파워를 조절할 수도 있다.

[0315] 또, 파워 조절부(401)는 직선 편광의 레이저 광(L)의 광축에 대하여 수직으로 배치된 편광 필터와, 편광 필터를 레이저 광(L)의 광축을 중심으로 원하는 각도만큼 회전시키는 기구를 구비한 것이어도 좋다. 파워 조절부(401)에 있어서 광축을 중심으로 원하는 각도만큼 편광 필터를 회전시킴으로써, 레이저 광원(101)으로부터 출사된 레이저 광(L)의 파워를 조절한다.

[0316] 또, 레이저 광원(101)의 여기용 반도체 레이저의 구동 전류를 구동 전류 제어 수단의 일례인 레이저 광원 제어부(102)로 제어함으로써, 레이저 광원(101)으로부터 출사되는 레이저 광(L)의 파워를 조절할 수도 있다. 따라서, 레이저 광(L)의 파워는 파워 조절부(401) 및 레이저 광원 제어부(102) 중 적어도 어느 한쪽에 의해 조절할 수 있다. 레이저 광원 제어부(102)에 의한 레이저 광(L)의 파워를 조절하는 것만으로 개질 영역의 치수를 원하는 값으로 할 수 있으면 파워 조절부(401)는 불필요하다. 이상 설명한 파워의 조절은 레이저 가공장치의 조작자가 나중에 설명하는 전체 제어부(127)에 키보드 등을 사용하여 파워의 크기를 입력함으로써 이루어진다.

[0317] 레이저 가공장치(400)는 또한, 파워 조절부(401)로 파워가 조절된 레이저 광(L)이 입사되고 또한 레이저 광(L)의 광축의 방향을 90° 바꾸도록 배치된 다이크로익 미러(103)와, 다이크로익 미러(103)로 반사된 레이저 광(L)을 집광하는 집광용 렌즈를 복수 포함하는 렌즈 선택 기구(403)와 렌즈 선택 기구(403)를 제어하는 렌즈 선택 기구 제어부(405)를 구비한다.

[0318] 렌즈 선택 기구(403)는 집광용 렌즈(105a, 105b, 105c)와, 이들을 지지하는 지지판(407)을 구비한다. 집광용 렌즈(105a)를 포함하는 광학계의 개구수, 집광용 렌즈(105b)를 포함하는 광학계의 개구수, 집광용 렌즈(105c)를 포함하는 광자계의 개구수는 다르다. 렌즈 선택 기구(403)는 렌즈 선택 기구 제어부(405)로부터의 신호에 근거하여 지지판(407)을 회전시킴으로써, 집광용 렌즈(105a, 105b, 105c) 중에서 원하는 집광용 렌즈를 레이저 광(L)의 광축상에 배치시킨다. 즉, 렌즈 선택 기구(403)는 리볼버(revolver)식이다.

[0319] 또, 렌즈 선택 기구(403)에 설치되는 집광용 렌즈의 수는 3개에 한정되지 않고, 그 이외의 수이어도 좋다. 레이저 가공장치의 조작자가 나중에 설명하는 전체 제어부(127)에 키보드 등을 사용하여 개구수의 크기 또는 집광용 렌즈(105a, 105b, 105c) 중 어느 하나를 선택하는 지시를 입력함으로써, 집광용 렌즈의 선택, 즉 개구수의 선택이 이루어진다.

[0320] 레이저 가공장치(400)의 배치대(107)에는 집광용 렌즈(105a 내지 105c) 중 레이저 광(L)의 광축상에 배치된 집광용 렌즈로 집광된 레이저 광(L)이 조사되는 가공 대상물(1)이 배치된다.

[0321] 전체 제어부(127)는 파워 조절부(401)와 전기적으로 접속되어 있다. 도 67은 이 도시를 생략하고 있다. 전체 제어부(127)에 파워의 크기가 입력됨으로써, 전체 제어부(127)는 파워 조절부(401)를 제어하고, 그에 따라 파워가 조절된다.

[0322] 도 68은 전체 제어부(127)의 일례의 일부분을 도시된 블록도이다. 전체 제어부(127)는 치수 선택부(411), 상관계수 기억부(413) 및 화상 작성부(415)를 구비한다. 치수 선택부(411)에는 레이저 가공장치의 조작자가 키보드 등에 의해, 펄스 레이저 광의 파워의 크기나 집광용 렌즈를 포함하는 광학계의 개구수의 크기가 입력된다. 이 예에 있어서는 개구수의 크기를 직접 입력하는 대신에 집광용 렌즈(105a, 105b, 105c) 중 어느 하나를 선택하는 입력으로 하여도 좋다. 이 경우, 전체 제어부(127)에 집광용 렌즈(105a, 105b, 105c), 각각의 개구수를 미리 등록하여 두고, 선택된 집광용 렌즈를 포함하는 광학계의 개구수의 데이터가 자동적으로 치수 선택부(411)에 입력된다.

[0323] 상관관계 기억부(413)에는 펄스 레이저 광의 파워의 크기 및 개구수의 크기의 세트와 개질 스폿의 치수의 상관관계가 미리 기억되어 있다. 도 69는 이 상관관계를 도시된 테이블의 일례이다. 이 예에서는 개구수의 난에는 집광용 렌즈(105a, 105b, 105c)의 각각에 대해서, 그것들을 포함하는 광학계의 개구수가 등록된다. 파워의 난에는 파워 조절부(401)에 의해 조절되는 펄스 레이저 광의 파워의 크기가 등록된다. 치수의 난에는 대응하는

세트의 파워와 개구수의 조합에 의해 형성되는 개질 스폿의 치수가 등록된다. 예를 들면, 파워가 1.24×10^{11}(W/㎠)이고, 개구수가 0.55일 때 형성되는 개질 스폿의 치수는 120㎛이다. 이 상관관계의 데이터는 예를 들면, 레이저 가공 전에 도 58 내지 도 65에서 설명한 실험을 함으로써 얻을 수 있다.

[0324] 치수 선택부(411)에 파워의 크기 및 개구수의 크기가 입력됨으로써, 치수 선택부(411)는 상관관계 기억부(413)로부터 이들의 크기와 같은 값의 세트를 선택하고, 그 세트에 대응하는 치수의 데이터를 모니터(129)로 보낸다. 그에 따라, 모니터(129)에는 입력된 파워의 크기 및 개구수의 크기를 기초로 형성되는 개질 스폿의 치수가 표시된다. 이들의 크기와 같은 값의 세트가 없는 경우에는 가장 가까운 값의 세트에 대응하는 치수 데이터가 모니터(129)로 보내진다.

[0325] 치수 선택부(411)에서 선택된 세트에 대응하는 치수의 데이터는 치수 선택부(411)로부터 화상 작성부(415)로 보내진다. 화상 작성부(415)는 이 치수의 데이터를 기초로 하여 이 치수의 개질 스폿의 화상 데이터를 작성하여, 모니터(129)로 보낸다. 그에 따라, 모니터(129)에는 개질 스폿의 화상도 표시된다. 따라서, 레이저 가공 전에 개질 스폿의 치수나 개질 스폿의 형상을 알 수 있다.

[0326] 파워의 크기를 고정하고, 개구수의 크기를 가변으로 할 수도 있다. 이 경우의 테이블은 도 70에 도시된 바와 같이 된다. 예를 들면, 파워를 1.49×10^{11}(W/㎠)로 고정하여 개구수가 0.55일 때 형성되는 개질 스폿의 치수는 150㎛이다. 또한, 개구수의 크기를 고정하고, 파워의 크기를 가변으로 할 수도 있다. 이 경우의 테이블은 도 71에 도시된 바와 같이 된다. 예를 들면, 개구수를 0.8과 고정 파워가 1.19×10^{11}(W/㎠)일 때 형성되는 개질 스폿의 치수는 30㎛이다.

[0327] 다음에, 도 67을 참조하여, 본 실시예의 제 5 예에 관계되는 레이저 가공방법을 설명한다. 가공 대상물(1)은 실리콘 웨이퍼이다. 제 5 예에 있어서, 도 15에 도시된 제 1 예에 관계되는 레이저 가공방법과 같이 스텝 S101 내지 스텝 S111까지의 동작을 한다.

[0328] 스텝 S111 후, 상기에서 설명한 바와 같이 파워 및 개구수의 크기를 전체 제어부(127)에 입력한다. 입력된 파워의 데이터에 근거하여, 레이저 광(L)의 파워는 파워 조절부(401)에 의해 조절된다. 입력된 개구수의 데이터에 근거하여, 개구수는 렌즈 선택 기구 제어부(405)를 통해서 렌즈 선택 기구(403)가 집광용 렌즈를 선택함으로써 조절된다. 또한, 이들의 데이터는 전체 제어부(127)의 치수 선택부(411; 도 68)에 입력된다. 그에 따라, 1펄스의 레이저 광(L)의 조사에 의해 가공 대상물(1)의 내부에 형성되는 용융 처리 스폿의 치수 및 용융 처리 스폿의 형상이 모니터(129)에 표시된다.

[0329] 그리고, 도 15에 도시된 제 1 예에 관계되는 레이저 가공방법과 같이 스텝 S113 내지 스텝 S115까지의 동작을 한다. 그에 따라, 가공 대상물(1)을 실리콘 칩으로 분할한다.

[0330] [제 6 예]

[0331] 다음에, 본 실시예의 제 6 예에 대해서 제 5 예와의 상위를 중심으로 설명한다. 도 72는 이 레이저 가공장치(500)의 개략 구성도이다. 레이저 가공장치(500)의 구성 요소 중, 도 67에 도시된 제 5 예에 관계되는 레이저 가공장치(400)의 구성 요소와 동일 요소에 대해서는 동일 부호를 붙이고 그 설명을 생략한다.

[0332] 레이저 가공장치(500)는 파워 조절부(401)와 다이크로익 미러(103) 사이의 레이저 광(L)의 광축상에 빔 익스팬더(501)가 배치되어 있다. 빔 익스팬더(501)는 배율 가변(可變)이며, 빔 익스팬더(501)에 의해 레이저 광(L)의 빔 직경이 커지도록 조절된다. 빔 익스팬더(501)는 개구수 조절 수단의 일례이다. 또한, 레이저 가공장치(500)는 렌즈 선택 기구(403) 대신에 1개의 집광용 렌즈(105)를 구비한다.

[0333] 레이저 가공장치(500)의 동작이 제 5 예의 레이저 가공장치의 동작과 다른 점은 전체 제어부(127)에 입력된 개구수의 크기에 근거하는 개구수의 조절이다. 이하, 그에 대해서 설명한다. 전체 제어부(127)는 빔 익스팬더(501)와 전기적으로 접속되어 있다. 도 72는 이 도시를 생략하고 있다. 전체 제어부(127)에 개구수의 크기가 입력됨으로써, 전체 제어부(127)는 빔 익스팬더(501)의 배율을 바꾸는 제어를 한다. 그에 따라, 집광용 렌즈(105)에 입사하는 레이저 광(L)의 빔 직경의 확대율을 조절한다. 따라서, 집광용 렌즈(105)가 1개이어도, 집광용 렌즈(105)를 포함하는 광학계의 개구수를 크게 하는 조절이 가능해진다. 이것을 도 73 및 도 74를 참조하여 설명한다.

[0334] 도 73은 빔 익스팬더(501)가 배치되어 있지 않은 경우의 집광용 렌즈(105)에 의한 레이저 광(L)의 집광을 도시된 도면이다. 한편, 도 74는 빔 익스팬더(501)가 배치되어 있는 경우의 집광용 렌즈(105)에 의한 레이저 광

(L)의 집광을 도시된 도면이다. 도 73 및 도 74를 비교하면 알 수 있는 바와 같이, 빔 익스팬더(501)가 배치되어 있지 않은 경우의 집광용 렌즈(105)를 포함하는 광학계의 개구수를 기준으로 하면, 제 6 예에서는 개구수가 커지도록 조절할 수 있다.

[0335] [제 7 예]

[0336] 다음에, 본 실시예의 제 7 예에 대해서 제 5 예 및 제 6 예와의 차이를 중심으로 설명한다. 도 75는 이 레이저 가공장치(600)의 개략 구성도이다. 레이저 가공장치(600)의 구성 요소 중, 제 5 예 및 제 6 예에 관계되는 레이저 가공장치의 구성 요소와 동일 요소에 대해서는 동일 부호를 붙이고 그 설명을 생략한다.

[0337] 레이저 가공장치(600)는 빔 익스팬더(501) 대신에, 다이크로익 미러(103)와 집광용 렌즈(105) 사이의 레이저 광(L)의 광축상에 홍채 조리개(601)가 배치되어 있다. 홍채 조리개(601)의 개구의 크기를 바꿈으로써 집광용 렌즈(105)의 유효 직경을 조절한다. 홍채 조리개(601)는 개구수 조절 수단의 일례이다. 또한, 레이저 가공장치(600)는 홍채 조리개(601)의 개구의 크기를 바꾸는 제어를 하는 홍채 조리개 제어부(603)를 구비한다. 홍채 조리개 제어부(603)는 전체 제어부(127)에 의해 제어된다.

[0338] 레이저 가공장치(600)의 동작이 제 5 예 및 제 6 예의 레이저 가공장치의 동작과 다른 점은 전체 제어부(127)에 입력된 개구수의 크기에 근거하는 개구수의 조절이다. 레이저 가공장치(600)는 입력된 개구수의 크기에 근거하여 홍채 조리개(601)의 개구의 크기를 바꿈으로써, 집광용 렌즈(105)의 유효 직경을 축소하는 조절을 한다. 그에 따라, 집광용 렌즈(105)가 1개이어도 집광용 렌즈(105)를 포함하는 광학계의 개구수를 작아지도록 조절할 수 있다. 이것을 도 76 및 도 77을 참조하여 설명한다.

[0339] 도 76은 홍채 조리개가 배치되어 있지 않은 경우의 집광용 렌즈(105)에 의한 레이저 광(L)의 집광을 도시된 도면이다. 한편, 도 77은 홍채 조리개(601)가 배치되어 있는 경우의 집광용 렌즈(105)에 의한 레이저 광(L)의 집광을 도시된 도면이다. 도 76 및 도 77을 비교하면 알 수 있는 바와 같이, 홍채 조리개가 배치되어 있지 않은 경우의 집광용 렌즈(105)를 포함하는 광학계의 개구수를 기준으로 하면, 제 3 예에서는 개구수가 작아지도록 조절할 수 있다.

[0340] 다음에, 본 실시예의 제 5 예 내지 제 7 예의 변형예를 설명한다. 도 78은 본 실시예의 레이저 가공장치의 변형예에 구비되는 전체 제어부(127)의 블록도이다. 전체 제어부(127)는 파워 선택부(417) 및 상관관계 기억부(413)를 구비한다. 상관관계 기억부(413)에는 도 71에 도시된 상관관계의 데이터가 미리 기억되어 있다. 레이저 가공장치의 조작자는 키보드 등에 의해 파워 선택부(417)에 개질 스폿의 원하는 치수를 입력한다. 개질 스폿의 치수는 가공 대상물의 두께나 재질 등을 고려하여 결정된다. 이 입력에 의해, 파워 선택부(417)는 상관관계 기억부(413)로부터 이 치수와 같은 값의 치수에 대응하는 파워를 선택하고, 그 파워의 데이터를 파워 조절부(401)로 보낸다. 따라서, 이 파워의 크기로 조절된 레이저 가공장치로 레이저 가공함으로써, 원하는 치수의 개질 스폿을 형성하는 것이 가능해진다. 이 파워의 크기의 데이터는 모니터(129)로도 보내져, 파워의 크기가 표시된다. 이 예에서는 개구수가 고정이고 파워가 가변이 된다. 또, 입력된 치수와 같은 값의 치수가 상관관계 기억부(413)에 기억되어 있지 않은 경우, 가장 가까운 값의 치수에 대응하는 파워의 피크 파워 조절부(401) 및 모니터(129)로 보내진다. 이것은 이하에 설명하는 변형예에서도 동일하다.

[0341] 도 79는 본 실시예의 레이저 가공장치의 다른 변형예에 구비되는 전체 제어부(127)의 블록도이다. 전체 제어부(127)는 개구수 선택부(419) 및 상관관계 기억부(413)를 구비한다. 도 78의 변형예와 다른 점은 파워가 아니라 개구수가 선택되는 것이다. 상관관계 기억부(413)에는 도 70에 도시된 데이터가 미리 기억되어 있다. 레이저 가공장치의 조작자는 키보드 등에 의해 개구수 선택부(419)에 개질 스폿의 원하는 치수를 입력한다. 그에 따라, 개구수 선택부(419)는 상관관계 기억부(413)로부터 이 치수와 같은 값의 치수에 대응하는 개구수를 선택하고, 그 개구수의 데이터를 렌즈 선택 기구 제어부(405), 빔 익스팬더(501) 또는 홍채 조리개 제어부(603)로 보낸다. 따라서, 이 개구수의 크기로 조절된 레이저 가공장치로 레이저 가공함으로써, 원하는 치수의 개질 스폿을 형성하는 것이 가능해진다. 이 개구수의 크기의 데이터는 모니터(129)로도 보내져, 개구수의 크기가 표시된다. 이 예에서는 파워가 고정이고 개구수가 가변이 된다.

[0342] 도 80은 본 실시예의 레이저 가공장치의 더욱 다른 변형예에 구비되는 전체 제어부(127)의 블록도이다. 전체 제어부(127)는 세트 선택부(421) 및 상관관계 기억부(413)를 구비한다. 도 78 및 도 79와 다른 점은 파워 및 개구수의 양쪽이 선택되는 것이다. 상관관계 기억부(413)에는 도 69의 파워 및 개구수의 세트와 치수의 상관관계의 데이터가 미리 기억되어 있다. 레이저 가공장치의 조작자는 키보드 등에 의해 세트 선택부(421)에 개질 스폿의 원하는 치수를 입력한다. 그에 따라, 세트 선택부(421), 상관관계 기억부(413)로부터 이 치수와 같은

값의 치수에 대응하는 파워 및 개구수의 세트를 선택한다. 선택된 세트의 파워의 데이터는 파워 조절부(401)로 보내진다. 한편, 선택된 세트의 개구수의 데이터는 렌즈 선택 기구 제어부(405), 빔 익스팬더(501) 또는 홍채 조리개 제어부(603)로 보내진다. 따라서, 이 세트의 파워 및 개구수의 크기로 조절된 레이저 가공장치로 레이저 가공함으로써, 원하는 치수의 개질 스폿을 형성하는 것이 가능해진다. 이 세트의 파워 및 개구수의 크기의 데이터는 모니터(129)로도 보내져, 파워 및 개구수의 크기가 표시된다.

[0343] 이들의 변형예에 의하면, 개질 스폿의 치수를 제어할 수 있다. 따라서, 개질 스폿의 치수를 작게 함으로써, 가공 대상물의 절단 예정 라인에 따라 정밀하게 절단할 수 있고, 또한 평탄한 절단면을 얻을 수 있다. 가공 대상물의 두께가 큰 경우, 개질 스폿의 치수를 크게 함으로써, 가공 대상물의 절단이 가능해진다.

[0344] [제 8 예]

[0345] 본 실시예의 제 8 예는 펄스 레이저 광의 반복 주파수의 크기나 펄스 레이저 광의 집광점의 상대적 이동 속도의 크기를 조절함으로써, 1펄스의 펄스 레이저 광으로 형성되는 개질 스폿과 다음의 1펄스의 펄스 레이저 광으로 형성되는 개질 스폿의 거리를 제어하고 있다. 즉 인접하는 개질 스폿간의 거리를 제어하고 있다. 이하 이 거리를 피치(p)로서 설명을 한다. 피치(p)의 제어에 대해서 크랙 영역을 예로 설명한다.

[0346] 펄스 레이저 광의 반복 주파수를 f(Hz), 가공 대상물의 X축 스테이지 또는 Y축 스테이지의 이동 속도를 v(㎜/sec)로 한다. 이들의 스테이지의 이동 속도는 펄스 레이저 광의 집광점의 상대적 이동의 속도의 일례이다. 펄스 레이저 광의 1 쇼트로 형성되는 크랙 부분을 크랙 스폿이라고 한다. 따라서, 절단 예정 라인(5)의 단위 길이당 형성되는 크랙 스폿의 수(n)는 이하와 같다.

[0347] [수학식 1]

[0348] $n=f/v$

[0349] 단위 길이당 형성되는 크랙 스폿의 수(n)의 역수가 피치(p)에 상당한다.

[0350] [수학식 2]

[0351] $p=1/n$

[0352] 따라서, 펄스 레이저 광의 반복 주파수의 크기 및 펄스 레이저 광의 집광점의 상대적 이동 속도의 크기 중 적어도 어느 하나를 조절하면, 피치(p)를 제어할 수 있다. 즉, 반복 주파수 f(Hz)를 크게 하는 것이나 스테이지의 이동 속도 v(㎜/sec)를 작게 함으로써, 피치(p)를 작게 제어할 수 있다. 반대로, 반복 주파수 f(Hz)를 작게 하는 것이나 스테이지의 이동 속도 v(㎜/sec)를 크게 함으로써, 피치(p)를 크게 제어할 수 있다.

[0353] 그런데, 피치(p)와 절단 예정 라인(5) 방향에 있어서의 크랙 스폿의 치수(d)의 관계는 도 81 내지 도 83에 도시된 3가지가 있다. 도 81 내지 도 83은 본 실시예에 관계되는 레이저 가공에 의해 크랙 영역이 형성된 가공 대상물의 절단 예정 라인(5)에 따른 부분의 평면도이다. 크랙 스폿(90)은 1펄스의 펄스 레이저 광이 형성된다. 복수의 크랙 스폿(90)이 절단 예정 라인(5)에 따라 배열하도록 형성됨으로써, 크랙 영역(9)이 형성된다.

[0354] 도 81은 피치(p)가 치수(d)보다 큰 경우를 도시하고 있다. 크랙 영역(9)은 절단 예정 라인(5)에 따라 가공 대상물의 내부에 단속적으로 형성되어 있다. 도 82는 피치(p)가 치수(d)와 대략 같은 경우를 도시하고 있다. 크랙 영역(9)은 절단 예정 라인(5)에 따라 가공 대상물의 내부에 연속으로 형성되어 있다. 도 83은 피치(p)가 치수(d)보다 작은 경우를 도시하고 있다. 크랙 영역(9)은 절단 예정 라인(5)에 따라 가공 대상물의 내부에 연속적으로 형성되어 있다.

[0355] 도 81에 의하면, 크랙 영역(9)이 절단 예정 라인(5)에 따라 연속하지 않고 있기 때문에, 절단 예정 라인(5)의 개소는 어느 정도의 강도를 유지하고 있다. 따라서, 레이저 가공 종료 후에 가공 대상물의 절단 공정을 하는 경우, 가공 대상물의 취급이 용이해진다. 도 82 및 도 83에 의하면, 크랙 영역(9)이 절단 예정 라인(5)에 따라 연속적으로 형성되어 있기 때문에, 크랙 영역(9)을 기점으로 한 가공 대상물의 절단이 용이해진다.

[0356] 도 81에 의하면 피치(p)가 치수(d)보다 크게 되어 있고, 도 82에 의하면 피치(p)를 치수(d)와 대략 같게 되어 있기 때문에, 펄스 레이저 광의 조사에 의해 다광자 흡수가 생기는 영역이 이미 형성된 크랙 스폿(90)과 겹치는 것을 방지할 수 있다. 이 결과, 크랙 스폿의 치수의 불균일함을 작게 할 수 있다. 즉, 본 발명자에 의하면, 펄스 레이저 광의 조사에 의해 다광자 흡수가 생기는 영역이 이미 형성된 크랙 스폿(90)과 겹치면, 이 영역에 형성되는 크랙 스폿(90)의 치수의 격차가 커진다는 것을 알 수 있다. 크랙 스폿(90)의 치수의 불균일함이 커지면, 가공 대상물을 절단 예정 라인에 따라 정밀하게 절단하는 것이 곤란해지고, 또한, 절단면의 평탄성도 나빠

진다. 도 81 및 도 82에 의하면, 크랙 스폿의 치수의 격차를 작게 할 수 있기 때문에, 절단 예정 라인에 따라 가공 대상물을 정밀하게 절단할 수 있고, 또한, 절단면을 평탄하게 할 수 있다.

[0357] 이상 설명한 바와 같이, 본 실시예의 제 8 예에 의하면, 펄스 레이저 광의 반복 주파수의 크기나 펄스 레이저 광의 집광점의 상대적 이동 속도의 크기를 조절함으로써, 피치(p)를 제어할 수 있다. 그에 따라, 가공 대상물의 두께나 재질 등을 고려하여 피치(p)를 바꿈으로써, 가공 대상물에 따른 레이저 가공이 가능해진다.

[0358] 또, 피치(p)를 제어할 수 있는 것에 대해서, 크랙 스폿의 경우로 설명하였지만, 용융 처리 스폿이나 굴절율 변화 스폿에도 동일하게 해당된다. 단, 용융 처리 스폿이나 굴절율 변화 스폿에 대해서는 이미 형성된 용융 처리 스폿이나 굴절율 변화 스폿의 겹침이 생기더라도 문제는 없다. 또한, 펄스 레이저 광의 집광점의 상대적 이동은, 펄스 레이저 광의 집광점을 고정하고 가공 대상물을 이동시키는 경우이어도 좋고, 가공 대상물을 고정하고 펄스 레이저 광의 집광점을 이동시키는 경우이어도 좋고, 가공 대상물과 펄스 레이저 광의 집광점을 서로 역방향으로 이동시키는 경우이어도 좋고, 가공 대상물과 펄스 레이저 광의 집광점을 속도를 다르게 또한 같은 방향으로 이동시키는 경우이어도 좋다.

[0359] 본 실시예의 제 8 예에 관계되는 레이저 가공장치에 대해서, 도 14에 도시된 제 1 예에 관계되는 레이저 가공장치(100)와 다른 점을 중심으로 도 14를 참조하여 설명한다. 레이저 광원(101)은 Q스위치 레이저이다. 도 84는 레이저 광원(101)에 구비되는 Q스위치 레이저의 개략 구성도이다. Q스위치 레이저는 소정의 간격을 두고 배치된 미러(51, 53)와, 미러(51)와 미러(53)와 사이에 배치된 레이저 매질(55)과, 레이저 매질(55)에 여기용 입력을 가하는 여기원(57), 레이저 매질(55)과 미러(51)와 사이에 배치된 Q스위치(59)를 구비한다. 레이저 매질(55)의 재료는 예를 들면 Nd : YAG이다.

[0360] Q스위치(59)를 이용하여 공진기(共振器)의 손실을 높게 한 상태로 여기원(57)으로부터 여기 입력을 레이저 매질(55)에 가함으로써, 레이저 매질(55)의 반전 분포를 소정치까지 상승시킨다. 그 후, Q스위치(59)를 이용하여 공진기의 손실을 낮게 한 상태로 함으로써, 축적된 에너지를 순간에 발진시켜서 펄스 레이저 광(L)을 발생시킨다. 레이저 광원 제어부(102)로부터의 신호(S)(예를 들면 초음파 펄스의 반복 주파수의 변화)에 의해 Q스위치(59)가 높은 상태가 되도록 제어된다. 따라서, 레이저 광원 제어부(102)로부터의 신호(S)에 의해, 레이저 광원(101)으로부터 출사되는 펄스 레이저 광(L)의 반복 주파수를 조절할 수 있다. 레이저 광원 제어부(102)가 주파수 조절 수단의 일례가 된다. 반복 주파수의 조절은 레이저 가공장치의 조작자가 나중에 설명하는 전체 제어부(127)에 키보드 등을 사용하여 반복 주파수의 크기를 입력함으로써 이루어진다. 이상이 레이저 광원(101)의 상세함이다.

[0361] 레이저 가공 중, 가공 대상물(1)을 X축 방향이나 Y축 방향으로 이동시킴으로써, 절단 예정 라인에 따라 개질 영역을 형성한다. 따라서, 예를 들면, X축 방향에 개질 영역을 형성하는 경우, X축 스테이지(109)의 이동 속도를 조절함으로써, 펄스 레이저 광의 집광점의 상대적 이동의 속도를 조절할 수 있다. 또한, Y축 방향에 개질 영역을 형성하는 경우, Y축 스테이지(111)의 이동 속도를 조절함으로써, 펄스 레이저 광의 집광점의 상대적 이동의 속도를 조절할 수 있다. 이들의 스테이지의 이동 속도의 조절은 스테이지 제어부(115)에 의해 제어된다. 스테이지 제어부(115) 속도 조절 수단의 일례가 된다. 속도의 조절은 레이저 가공장치의 조작자가 나중에 설명하는 전체 제어부(127)에 키보드 등을 사용하여 속도의 크기를 입력함으로써 이루어진다. 또, 집광점(P)을 이동 가능하게 하고, 그 이동 속도를 조절함으로써, 펄스 레이저 광의 집광점의 상대적 이동의 속도를 조절할 수도 있다.

[0362] 제 8 예에 관계되는 레이저 가공장치의 전체 제어부(127)는 제 1 예에 관계되는 레이저 가공장치의 전체 제어부(127)에 더욱 다른 기능을 추가하고 있다. 도 85는 제 8 예에 관계되는 레이저 가공장치의 전체 제어부(127)의 일례의 일부분을 도시된 블록도이다. 전체 제어부(127)는 거리 연산부(141), 치수 기억부(143) 및 화상 작성부(145)를 구비한다. 거리 연산부(141)에는 펄스 레이저 광의 반복 주파수의 크기 및 스테이지(109, 111)의 이동 속도의 크기가 입력된다. 이들의 입력은 레이저 가공장치의 조작자가 키보드 등을 사용하여 행한다.

[0363] 거리 연산부(141)는 상술한 식(n=f/v, p=1/n)을 이용하여 인접하는 개질 스폿간의 거리(피치)를 연산한다. 거리 연산부(141)는 이 거리 데이터를 모니터(129)로 보낸다. 그에 따라, 모니터(129)에는 입력된 주파수의 크기 및 속도의 크기를 기초로 형성되는 개질 스폿간의 거리가 표시된다.

[0364] 또한, 이 거리 데이터는 화상 작성부(145)로도 보내진다. 치수 기억부(143)에는 미리 이 레이저 가공장치로 형성되는 개질 스폿의 치수가 기억되어 있다. 화상 작성부(145)는 이 거리 데이터와 치수 기억부(143)에 기억된 치수의 데이터를 기초로 하여, 이 거리와 치수로 형성되는 개질 영역의 화상 데이터를 작성하여 모니터(129)로

보낸다. 그에 따라, 모니터(129)에는 개질 영역의 화상도 표시된다. 따라서, 레이저 가공 전에 인접하는 개질 스폿간의 거리나 개질 영역의 형상을 알 수 있다.

[0365] 거리 연산부(141)는 식(n=f/v, p=1/n)을 이용하여 개질 스폿간의 거리를 연산하고 있지만 다음과 같이 하여도 좋다. 우선, 반복 주파수의 크기와 스테이지(109, 111)의 이동 속도와 개질 스폿간의 거리의 관계를 미리 등록한 테이블을 작성하고, 이 테이블의 데이터를 거리 연산부(141)에 기억시킨다. 반복 주파수의 크기 및 스테이지(109, 111)의 이동 속도의 크기가 거리 연산부(141)에 입력됨으로써, 거리 연산부(141)는 상기 테이블 중에서 이들의 크기의 조건으로 형성되는 개질 스폿에 있어서의 개질 스폿간의 거리를 읽어 낸다.

[0366] 또, 반복 주파수의 크기를 고정하고 스테이지의 이동 속도의 크기를 가변으로 하여도 좋다. 반대로, 스테이지의 이동 속도의 크기를 고정하고 반복 주파수의 크기를 가변으로 하여도 좋다. 이 경우에도 거리 연산부(141)에 있어서 상술한 식이나 테이블을 사용함으로써, 개질 스폿간의 거리나 개질 영역의 화상을 모니터(129)에 표시시키기 위한 처리를 한다.

[0367] 이상과 같이 도 85에 도시된 전체 제어부(127)에서는 반복 주파수의 크기나 스테이지의 이동 속도의 크기를 입력함으로써, 인접하는 개질 스폿간의 거리를 연산하고 있다. 인접하는 개질 스폿간의 원하는 거리를 입력하여, 반복 주파수의 크기나 스테이지의 이동 속도의 크기를 제어하여도 좋다. 이하 이것에 대해서 설명한다.

[0368] 도 86은 제 8 예에 구비되는 전체 제어부(127)의 다른 예의 일부분을 도시된 블록도이다. 전체 제어부(127)는 주파수 연산부(147)를 구비한다. 레이저 가공장치의 조작자는 키보드 등에 의해 주파수 연산부(147)에 인접하는 개질 스폿간의 거리의 크기를 입력한다. 이 거리의 크기는 가공 대상물의 두께나 재질 등을 고려하여 결정된다. 이 입력에 의해 주파수 연산부(147)는 상기 식이나 테이블을 기초로 하여, 이 거리의 크기가 되기 위한 주파수를 연산한다. 이 예에서는 스테이지의 이동 속도는 고정이다. 주파수 연산부(147)는 연산된 데이터를 레이저 광원 제어부(102)로 보낸다. 이 주파수의 크기로 조절된 레이저 가공장치로 가공 대상물을 레이저 가공함으로써, 인접하는 개질 스폿간의 거리를 원하는 크기로 할 수 있다. 이 주파수의 크기의 데이터는 모니터(129)로도 보내지고, 이 주파수의 크기가 표시된다.

[0369] 도 87은 제 8 예에 구비되는 전체 제어부(127)의 더욱 다른 예의 일부분을 도시된 블록도이다. 전체 제어부(127)는 속도 연산부(149)를 구비한다. 상기와 같이 인접하는 개질 스폿간의 거리의 크기가 속도 연산부(149)에 입력된다. 이 입력에 의해 속도 연산부(149)는 상기 식이나 테이블을 기초로 하여, 이 거리의 크기가 되기 위한 스테이지 이동 속도를 연산한다. 이 예에서는 반복 주파수는 고정이다. 속도 연산부(149)는 연산된 데이터를 스테이지 제어부(115)로 보낸다. 이 스테이지 이동 속도의 크기로 조절된 레이저 가공장치로 가공 대상물을 레이저 가공함으로써, 인접하는 개질 스폿간의 거리를 원하는 크기로 할 수 있다. 이 스테이지 이동 속도의 크기의 데이터는 모니터(129)로도 보내지고, 이 스테이지 이동 속도의 크기가 표시된다.

[0370] 도 88은 제 8 예에 구비되는 전체 제어부(127)의 더욱 다른 예의 일부분을 도시된 블록도이다. 전체 제어부(127)는 조합 연산부(151)를 구비한다. 도 86 및 도 87의 경우와 다른 점은 반복 주파수 및 스테이지 이동 속도의 양쪽이 연산되는 것이다. 상기와 같이 인접하는 개질 스폿간의 거리의 크기를 조합하여 연산부(151)에 입력한다. 조합 연산부(151)는 상기 식이나 테이블을 기초로 하여, 이 거리의 크기가 되기 위한 반복 주파수 및 스테이지 이동 속도를 연산한다.

[0371] 조합 연산부(151)는 연산된 데이터를 레이저 광원 제어부(102) 및 스테이지 제어부(115)로 보낸다. 레이저 광원 제어부(102)는 연산된 반복 주파수의 크기가 되도록 레이저 광원(101)을 조절한다. 스테이지 제어부(115)는 연산된 스테이지 이동 속도의 크기가 되도록 스테이지(109, 111)를 조절한다. 이들의 조절이 이루어진 레이저 가공장치로 가공 대상물을 레이저 가공함으로써, 인접하는 개질 스폿간의 거리를 원하는 크기로 할 수 있다. 연산된 반복 주파수의 크기 및 스테이지 이동 속도의 크기의 데이터는 모니터(129)로도 보내지고, 연산된 이들의 값이 표시된다.

[0372] 다음에, 본 실시예의 제 8 예에 관계되는 레이저 가공방법을 설명한다. 가공 대상물(1)은 실리콘 웨이퍼이다. 제 8 예에 있어서, 도 15에 도시된 제 1 예에 관계되는 레이저 가공방법과 마찬가지로 스텝 S101 내지 스텝 S111까지의 동작을 한다.

[0373] 스텝 S111 후, 1펄스의 펄스 레이저로 형성되는 용융 처리 스폿에 있어서의 인접하는 용융 처리 스폿간의 거리, 즉 피치(p)의 크기를 결정한다. 피치(p)는 가공 대상물(1)의 두께나 재질 등을 고려하여 결정된다. 피치(p)의

크기를 도 88에 도시된 전체 제어부(127)에 입력한다.

[0374] 그리고, 도 15에 도시된 제 1 예에 관계되는 레이저 가공방법과 같이 스텝 S113 내지 스텝 S115까지의 동작을 한다. 그에 따라, 가공 대상물(1)을 실리콘 칩으로 분할한다.

[0375] 이상 설명한 바와 같이 제 8 예에 의하면, 펄스 레이저 광의 반복 주파수의 크기의 조절이나, X축 스테이지(109), Y축 스테이지(111)의 이동 속도의 크기의 조절에 의해, 인접하는 용융 처리 스폿의 거리를 제어할 수 있다. 가공 대상물(1)의 두께나 재질 등을 고려하여 거리의 크기를 바꿈으로써, 목적으로 따른 가공이 가능해진다.

[0376] [제 9 예]

[0377] 본 실시예의 제 9 예는 가공 대상물에 조사되는 레이저 광의 가공 대상물에 대한 입사 방향에 있어서의 레이저 광의 집광점의 위치를 바꿈으로써, 개질 영역을 입사 방향에 따라 배열하도록 복수 형성하고 있다.

[0378] 복수의 개질 영역 형성에 대해서 크랙 영역을 예로 설명한다. 도 89는 본 실시예의 제 9 예에 관계되는 레이저 가공방법을 사용하여 가공 대상물(1)의 내부에 두개의 크랙 영역(9)이 형성된 가공 대상물(1)의 사시도이다.

[0379] 두개의 크랙 영역(9) 형성 방법에 대해서 간단히 설명한다. 우선, 펄스 레이저 광(L)의 집광점을 가공 대상물(1)의 내부의 표면(21) 부근에 맞추고, 절단 예정 라인(5)에 따라 집광점을 이동시키면서 가공 대상물(1)에 펄스 레이저 광(L)을 조사한다. 그에 따라, 크랙 영역(9(9A))이 절단 예정 라인(5)에 따라 가공 대상물(1)의 내부의 이면(21) 부근에 형성된다. 다음에, 펄스 레이저 광(L)의 집광점을 가공 대상물(1)의 내부의 표면(3) 부근에 맞춰, 절단 예정 라인(5)에 따라 집광점을 이동시키면서 가공 대상물(1)에 펄스 레이저 광(L)을 조사한다. 이 조사에 의해, 크랙 영역(9(9B))이 절단 예정 라인(5)에 따라 가공 대상물(1)의 내부의 표면(3) 부근에 형성된다.

[0380] 그리고, 도 90에 도시된 바와 같이, 크랙 영역(9A(9B))으로부터 크랙(91)이 자연스럽게 성장한다. 자세하게는 크랙(91)이, 크랙 영역(9A)으로부터 이면(21) 방향, 크랙 영역(9A(9B))으로부터 크랙 영역(9B(9A)) 방향, 크랙 영역(9B)으로부터 표면(3) 방향으로 자연스럽게 성장한다. 그에 따라, 절단 예정 라인(5)에 따른 가공 대상물(1)의 면, 즉 절단면이 되는 면에서, 가공 대상물(1)의 두께 방향으로 길게 연장된 크랙(9)을 형성할 수 있다. 따라서, 비교적 작은 힘을 인위적으로 인가하는 것만으로 또는 인가하지 않고 자연스럽게 가공 대상물(1)을 절단 예정 라인(5)에 따라 절단할 수 있다.

[0381] 이상과 같이 제 9 예에 의하면 복수의 크랙 영역(9)을 형성함으로써 가공 대상물(1)을 절단할 때의 기점이 되는 개소를 늘리고 있다. 따라서, 제 9 예에 의하면 가공 대상물(1)의 두께가 비교적 큰 경우나 가공 대상물(1)의 재질이 크랙 영역(9) 형성 후의 크랙(91)이 성장하는 어려운 경우 등에 있어서도, 가공 대상물(1)의 절단이 가능해진다.

[0382] 또, 두개의 크랙 영역(9)만으로는 절단이 곤란한 경우, 세개 이상의 크랙 영역(9)을 형성한다. 예를 들면, 도 91에 도시된 바와 같이, 크랙 영역(9A)과 크랙 영역(9B) 사이에 크랙 영역(9C)을 형성한다. 또한, 레이저 광의 입사 방향이면 도 92에 도시된 바와 같이 가공 대상물(1)의 두께 방향과 직교하는 방향으로도 절단할 수 있다.

[0383] 본 실시예의 제 9 예에 있어서, 복수의 크랙 영역(9)은 펄스 레이저 광(L)이 입사되는 가공 대상물의 입사면(예를 들면 표면(3))에 대하여 먼 쪽부터 순차로 형성하는 것이 바람직하다. 예를 들면 도 89에 있어서, 먼저 크랙 영역(9A)을 형성하고, 그 후에 크랙 영역(9B)을 형성한다. 입사면에 대하여 가까운 쪽부터 순차로 크랙 영역(9)을 형성하면, 나중에 형성되는 크랙 영역(9) 형성시에 조사되는 펄스 레이저 광(L)이 먼저 형성된 크랙 영역(9)에 의해 산란된다. 그에 따라, 나중에 형성되는 크랙 영역(9)을 구성하는 1쇼트의 펄스 레이저 광(L)으로 형성되는 크랙 부분(크랙 스폿)의 치수에 불균일함이 생긴다. 따라서, 나중에 형성되는 크랙 영역(9)을 균일하게 형성할 수 없다. 그에 대하여, 입사면에 대하여 먼 쪽부터 순차로 크랙 영역(9)을 형성하면 상기 산란이 생기지 않기 때문에, 나중에 형성되는 크랙 영역(9)을 균일하게 형성할 수 있다.

[0384] 단, 본 실시예의 제 9 예에 있어서, 복수의 크랙 영역(9)의 형성 순서는 상기에 한정되지 않고, 가공 대상물의 입사면에 대하여 가까운 쪽부터 순차로 형성하여도 좋고, 또한 랜덤으로 형성하여도 좋다. 랜덤으로 형성하는 것은, 예를 들면 도 91에 있어서, 우선 크랙 영역(9C)을 형성하고, 다음에 크랙 영역(9B)을 형성하고, 레이저 광의 입사 방향을 반대로 하여 마지막에 크랙 영역(9A)을 형성하는 것이다.

[0385] 또, 복수의 개질 영역 형성에 대해서, 크랙 영역의 경우로 설명하였지만, 용융 처리 영역이나 굴절율 변화 영역

에도 동일하게 해당된다. 또한, 펄스 레이저 광에 대해서 설명하였지만, 연속파 레이저 광에 대해서도 동일하게 해당된다.

[0386] 본 실시예의 제 9 예에 관계되는 레이저 가공장치는 도 14에 도시된 제 1 예에 관계되는 레이저 가공장치(100)와 같은 구성을 하고 있다. 제 9 예에 있어서 Z축 스테이지(113)에 의해 가공 대상물(1)의 두께 방향에 있어서의 집광점(P)의 위치가 조절된다. 그에 따라, 예를 들면, 집광점(P)을 가공 대상물(1)의 두께 방향에서 두께의 반의 위치보다 입사면(표면(3))에 가까운 위치 또는 먼 위치로 조절하거나, 두께의 약 반의 위치로 조절하거나 할 수 있다.

[0387] 여기서, Z축 스테이지에 의한 가공 대상물의 두께 방향에 있어서의 집광점(P)의 위치의 조절에 대해서 도 93 및 도 94를 참조하여 설명한다. 본 실시예의 제 9 예에서는 가공 대상물의 두께 방향에 있어서의 레이저 광의 집광점의 위치를 가공 대상물의 표면(입사면)을 기준으로 하여 가공 대상물의 내부의 원하는 위치로 조절하고 있다. 도 93은 레이저 광(L)의 집광점(P)이 가공 대상물(1)의 표면(3)에 위치하고 있는 상태를 도시하고 있다. 도 94에 도시된 바와 같이, Z축 스테이지를 집광용 렌즈(105)를 향하여 z이동시키면, 집광점(P)은 표면(3)으로부터 가공 대상물(1)의 내부로 이동한다. 집광점(P)의 가공 대상물(1)의 내부에 있어서의 이동량은 Nz이다(N은 레이저 광(L)에 대한 가공 대상물(1)의 굴절율이다). 따라서, 레이저 광(L)에 대한 가공 대상물(1)의 굴절율을 고려하여 Z축 스테이지를 이동시킴으로써, 가공 대상물(1)의 두께 방향에 있어서의 집광점(P)의 위치를 제어할 수 있다. 즉, 집광점(P)의 가공 대상물(1)의 두께 방향에 있어서의 원하는 위치를 표면(3)으로부터 가공 대상물(1)의 내부까지의 거리(Nz)로 한다. 이 거리(Nz)를 상기 굴절율(N)로 나눔으로써 얻어진 이동량(z)만큼, 가공 대상물(1)을 두께 방향으로 이동시킨다. 그에 따라, 상기 원하는 위치에 집광점(P)을 맞출 수 있다.

[0388] 제 1 예에서 설명한 바와 같이, 초점 데이터를 기초로 하여 스테이지 제어부(115)가 Z축 스테이지(113)를 이동제어함으로써, 가시광의 초점이 표면(3)에 맞도록 되어 있다. 가시광의 초점이 표면(3)에 위치하는 Z축 스테이지(113)의 위치에 있어서, 레이저 광(L)의 집광점(P)도 표면(3)에 위치하도록 레이저 가공장치(1)는 조정되어 있다. 또한, 전체 제어부(127)는 도 93 및 도 94에서 설명한 이동량(z)의 데이터가 입력되어, 기억된다.

[0389] 다음에, 도 95를 참조하여, 본 실시예의 제 9 예에 관계되는 레이저 가공방법을 설명한다. 도 95는 이 레이저 가공방법을 설명하기 위한 플로 차트이다. 가공 대상물(1)은 실리콘 웨이퍼이다.

[0390] 스텝 S101은 도 15에 도시된 제 1 예의 스텝 S101과 같다. 다음에, 가공 대상물(1)의 두께를 측정한다. 두께의 측정 결과 및 가공 대상물(1)의 굴절율을 기초로 하여, 가공 대상물(1)의 Z축 방향의 이동량(z)을 결정한다(S103). 이것은 레이저 광(L)의 집광점(P)이 가공 대상물(1)의 내부에 위치시키기 위해서, 가공 대상물(1)의 표면(3)에 위치하는 레이저 광(L)의 집광점을 기준으로 한 가공 대상물(1)의 Z축 방향의 이동량이다. 즉, 가공 대상물(1)의 두께 방향에 있어서의 집광점(P)의 위치가 결정된다. 집광점(P)의 위치는 가공 대상물(1)의 두께, 재질 등을 고려하여 결정한다. 본 실시예에서는 가공 대상물(1)의 내부의 이면 부근에 집광점(P)을 위치시키기 위한 제 1 이동량의 데이터와 표면(3) 부근에 집광점(P)을 위치시키기 위한 제 2 이동량의 데이터가 사용된다. 최초에 형성하는 용융 처리 영역은 제 1 이동량의 데이터를 사용하여 형성된다. 다음에 형성하는 용융 처리 영역은 제 2 이동량의 데이터를 사용하여 형성된다. 이들의 이동량의 데이터는 전체 제어부(127)에 입력된다.

[0391] 스텝 S105 및 스텝 S107은 도 15에 도시된 제 1 예의 스텝 S105 및 스텝 S107과 같다. 스텝 S107에서 연산된 초점 데이터는 스테이지 제어부(115)로 보내진다. 스테이지 제어부(115)는 이 초점 데이터를 기초로 하여 Z축 스테이지(113)를 Z축 방향으로 이동시킨다(S109). 그에 따라, 관찰용 광원(117)의 가시광의 초점이 표면(3)에 위치한다. Z축 스테이지(113)의 이 위치에 있어서, 펄스 레이저 광(L)의 집광점(P)은 표면(3)에 위치하게 된다. 또, 촬상 데이터 처리부(125)는 촬상 데이터에 근거하여, 절단 예정 라인(5)을 포함하는 가공 대상물(1)의 표면(3)의 확대 화상 데이터를 연산한다. 이 확대 화상 데이터는 전체 제어부(127)를 통해서 모니터(129)로 보내지고, 그에 따라 모니터(129)에 절단 예정 라인(5) 부근의 확대 화상이 표시된다.

[0392] 전체 제어부(127)에는 미리 스텝 S103에서 결정된 제 1 이동량의 데이터가 입력되어 있고, 이 이동성의 데이터가 스테이지 제어부(115)로 보내진다. 스테이지 제어부(115)는 이 이동량의 데이터에 근거하여, 레이저 광(L)의 집광점(P)이 가공 대상물(1)의 내부가 되는 위치에, Z축 스테이지(113)에 의해 가공 대상물(1)을 Z축 방향으로 이동시킨다(S111). 이 내부의 위치는 가공 대상물(1)의 이면 부근이다.

[0393] 다음에, 도 15에 도시된 제 1 예의 스텝 S113과 같이 하여 용융 처리 영역을 절단 예정 라인(5)에 따르도록 가공 대상물(1)의 내부에 형성한다(S113). 용융 처리 영역은 가공 대상물(1)의 내부 중, 표면 부근에 형성된다.

[0394] 다음에, 스텝 S111과 같이 하여 제 2 이동량의 데이터에 근거하여, 레이저 광(L)의 집광점(P)이 가공 대상물

(1)의 내부의 표면(3) 부근이 되는 위치에, Z축 스테이지(113)에 의해 가공 대상물(1)을 Z축 방향으로 이동시킨다(S115). 그리고, 스텝 S113과 같이 하여 가공 대상물(1)의 내부에 용융 처리 영역을 형성한다(S117). 이 스텝에서는 용융 처리 영역이 가공 대상물(1)의 내부의 표면(3) 부근에 형성된다.

[0395] 마지막으로, 가공 대상물(1)을 절단 예정 라인(5)에 따라 굴곡시킴으로써, 가공 대상물(1)을 절단한다(S119). 그에 따라, 가공 대상물(1)을 실리콘 칩으로 분할한다.

[0396] 본 실시예의 제 9 예의 효과를 설명한다. 제 9 예에 의하면 개질 영역을 입사 방향에 따라 배열하도록 복수개 형성함으로써, 가공 대상물(1)을 절단할 때 기점이 되는 개소를 늘리고 있다. 예를 들면, 가공 대상물(1)의 레이저 광의 입사 방향의 치수가 비교적 큰 경우나, 가공 대상물(1)이 개질 영역으로부터 크랙이 성장하는 어려운 재질의 경우, 절단 예정 라인(5)에 따른 개질 영역이 하나만으로는 가공 대상물(1)의 절단이 곤란하다. 따라서, 이러한 경우, 본 실시예와 같이 복수의 개질 영역을 형성함으로써, 가공 대상물(1)을 용이하게 절단할 수 있다.

[0397] [제 10 예]

[0398] 본 실시예의 제 10 예는 가공 대상물의 두께 방향에 있어서의 레이저 광의 집광점의 위치를 조절함으로써, 가공 대상물의 두께 방향에 있어서의 개질 영역의 위치를 제어하고 있다.

[0399] 이 위치 제어에 대해서 크랙 영역을 예로 설명한다. 도 96은 본 실시예의 제 10 예에 관계되는 레이저 가공방법을 사용하여 가공 대상물(1)의 내부에 크랙 영역(9)이 형성된 가공 대상물(1)의 사시도이다. 펄스 레이저 광(L)의 집광점은 가공 대상물(1)의 펄스 레이저 광(L)의 표면(3; 입사면)을 넘어 가공 대상물(1)의 내부에 맞출 수 있다. 그리고, 집광점은 가공 대상물(1)의 두께 방향에서 두께의 대략 반의 위치로 조절되어 있다. 이 조건하에서 절단 예정 라인(5)에 따라 가공 대상물(1)에 펄스 레이저 광(L)을 조사하면, 크랙 영역(9)은 절단 예정 라인(5)에 따라 가공 대상물(1)의 두께의 반의 위치 및 그 부근에 형성된다.

[0400] 도 97은 도 96에 도시된 가공 대상물(1)의 부분 단면도이다. 크랙 영역(9) 형성 후, 크랙 영역(9)으로부터 표면(3) 및 이면(21)을 향하여 크랙(91)이 자연스럽게 성장하고 있다. 크랙 영역(9)을 가공 대상물(1)의 두께 방향에서 두께의 반의 위치 및 그 부근에 형성하면, 예를 들면 가공 대상물(1)의 두께가 비교적 큰 경우, 자연스럽게 성장하는 크랙(91)과 표면(3)(이면(21))의 거리를 비교적 길게 할 수 있다. 따라서, 가공 대상물(1)의 절단 예정 라인(5)에 따른 절단 예정 개소는 어느 정도의 강도를 유지하고 있다. 따라서, 레이저 가공 종료 후에 가공 대상물(1)의 절단 공정을 하는 경우, 가공 대상물의 취급이 용이해진다.

[0401] 도 98은 도 96과 같이 본 실시예의 제 10 예에 관계되는 레이저 가공방법을 사용하여 형성된 크랙 영역(9)을 포함하는 가공 대상물(1)의 사시도이다. 도 98에 도시된 크랙 영역(9)은 펄스 레이저 광(L)의 집광점을 가공 대상물(1)의 두께 방향에서 두께의 반의 위치보다 표면(3; 입사면)에 가까운 위치로 조절하여 형성된 것이다. 크랙 영역(9)은 가공 대상물(1)의 내부 중의 표면(3)측에 형성된다. 도 99는 도 98에 도시된 가공 대상물(1)의 부분 단면도이다. 크랙 영역(9)이 표면(3)측에 형성되어 있기 때문에, 자연스럽게 성장하는 크랙(91)은 표면(3) 또는 그 근방에 도달한다. 따라서, 절단 예정 라인(5)에 따른 균열이 표면(3)에 생기기 쉽기 때문에, 가공 대상물(1)을 용이하게 절단할 수 있다.

[0402] 특히, 가공 대상물(1)의 표면(3)에 전자 디바이스나 전극 패턴이 형성되어 있는 경우, 크랙 영역(9)을 표면(3) 부근에 형성하면, 가공 대상물(1)의 절단에 있어서 전자 디바이스 등의 손상을 방지할 수 있다. 즉, 크랙 영역(9)으로부터 크랙(91)을 가공 대상물(1)의 표면(3) 및 이면(21) 방향으로 성장시킴으로써, 가공 대상물(1)이 절단된다. 크랙(91)의 자연 성장만으로 절단할 수 있는 경우도 있고, 크랙(91)의 자연 성장에 더하여 인위적으로 크랙(91)을 성장시켜 절단하는 경우도 있다. 크랙 영역(9)과 표면(3)의 거리가 비교적 길면, 표면(3)측에서 크랙(91)의 성장 방향의 어긋남이 커진다. 그에 따라, 크랙(91)이 전자 디바이스 등의 형성 영역에 도달하는 경우가 있고, 이 도달에 의해 전자 디바이스 등이 손상된다. 크랙 영역(9)을 표면(3) 부근에 형성하면, 크랙 영역(9)과 표면(3)의 거리가 비교적 짧기 때문에, 크랙(91)의 성장 방향의 어긋남을 작게 할 수 있다. 따라서, 전자 디바이스 등을 손상시키지 않고 절단이 가능해진다. 단, 표면(3)에 너무 가까운 개소에 크랙 영역(9)을 형성하면 크랙 영역(9)이 표면(3)에 형성된다. 이 때문에, 크랙 영역(9) 자체의 랜덤 형상이 표면(3)에 나타나, 표면(3)의 치핑의 원인이 되어, 분할 정밀도가 나빠진다.

[0403] 또, 펄스 레이저 광(L)의 집광점을 가공 대상물(1)의 두께 방향에서 두께의 반의 위치보다 표면(3)에 먼 위치로 조절하여 크랙 영역(9)을 형성할 수도 있다. 이 경우, 크랙 영역(9)은 가공 대상물(1)의 내부 중의 이면(21)측

에 형성된다.

[0404] 도 100은 도 96과 같이 본 실시예의 제 10 예에 관계되는 레이저 가공방법을 사용하여 형성된 크랙 영역(9)을 포함하는 가공 대상물(1)의 사시도이다. 도 100에 도시된 X축 방향의 크랙 영역(9)은 펄스 레이저 광(L)의 집광점을 가공 대상물(1)의 두께 방향에서 두께의 반의 위치보다 표면(3; 입사면)으로부터 먼 위치로 조절하여 형성된 것이다. 한편, Y축 방향의 크랙 영역(9)은 집광점을 두께의 반의 위치보다 표면(3)에 가까운 위치로 조절하여 형성된 것이다. X축 방향의 크랙 영역(9)과 Y축 방향의 크랙 영역(9)은 입체 교차하고 있다.

[0405] 가공 대상물(1)이 예를 들면 반도체 웨이퍼의 경우, X축 방향 및 Y축 방향에 각각 크랙 영역(9)을 평행하게 복수개 형성한다. 그에 따라, 반도체 웨이퍼 중에 크랙 영역(9)을 격자형으로 형성하고, 격자형의 크랙 영역을 기점으로 하여 개개의 칩으로 분할한다. X축 방향의 크랙 영역(9)과 Y축 방향의 크랙 영역(9)이 함께 가공 대상물(1)의 두께 방향에 있어서의 위치가 같으면, X축 방향의 크랙 영역(9)과 Y축 방향의 크랙 영역(9)이 직교하는 개소가 생긴다. 직교하는 개소에서는 크랙 영역(9)이 중첩하기 때문에, X축 방향의 절단면과 Y축 방향의 절단면을 정밀도 좋게 직교시키는 것이 곤란해진다. 그에 따라, 직교하는 개소에서는 가공 대상물(1)이 정밀한 절단이 방해된다.

[0406] 그에 대하여, 도 100에 도시된 바와 같이, 가공 대상물(1)의 두께 방향에서, X축 방향의 크랙 영역(9)의 위치와 Y축 방향의 크랙 영역(9)의 위치를 다르게 하면, X축 방향의 크랙 영역(9)과 Y축 방향의 크랙 영역(9)이 중첩하는 것을 방지할 수 있다. 따라서, 가공 대상물(1)의 정밀한 절단이 가능해진다.

[0407] 또, X축 방향의 크랙 영역(9) 및 Y축 방향의 크랙 영역(9) 중 나중에 형성되는 크랙 영역(9)을 먼저 형성된 크랙 영역(9)보다도 표면(3; 입사면)측에 형성하는 것이 바람직하다. 나중에 형성되는 크랙 영역(9)을 먼저 형성되는 크랙 영역(9)보다도 표면(21)측에 형성하면, X축 방향의 절단면과 Y축 방향의 절단면이 직교하는 장소가 되는 개소에 있어서, 나중에 형성되는 크랙 영역(9) 형성시에 조사되는 펄스 레이저 광(L)이 먼저 형성된 크랙 영역(9)에 의해 산란된다. 그에 따라, 나중에 형성되는 크랙 영역(9) 중, 상기 직교하는 장소가 되는 개소에 형성되는 부분의 치수와 다른 개소에 형성되는 부분의 치수에 격차가 생긴다. 따라서, 나중에 형성되는 크랙 영역(9)을 균일하게 형성할 수 없다.

[0408] 그에 대하여, 나중에 형성되는 크랙 영역(9)을 먼저 형성되는 크랙 영역(9)보다도 표면(3)측에 형성하면, 상기 직교하는 장소가 되는 개소에서 펄스 레이저 광(L)의 산란이 생기지 않기 때문에, 나중에 형성되는 크랙 영역(9)을 균일하게 형성할 수 있다.

[0409] 이상 설명한 바와 같이, 본 실시예의 제 10 예에 의하면, 가공 대상물의 두께 방향에 있어서의 레이저 광의 집광점의 위치를 조절함으로써, 가공 대상물의 두께 방향에 있어서의 개질 영역의 위치를 제어할 수 있다. 가공 대상물의 두께나 재질 등을 고려하여 집광점의 위치를 바꿈으로써, 가공 대상물에 따른 레이저 가공이 가능해진다.

[0410] 또, 개질 영역의 위치 제어를 할 수 있는 것에 대해서, 크랙 영역의 경우로 설명하였지만, 용융 처리 영역이나 굴절율 변화 영역에도 동일하게 해당된다. 또한, 펄스 레이저 광에 대해서 설명하였지만, 연속파 레이저 광에 대해서도 동일하게 해당된다.

[0411] 본 실시예의 제 10 예에 관계되는 레이저 가공장치는 도 14에 도시된 제 1 예에 관계되는 레이저 가공장치(100)와 같은 구성을 하고 있다. 제 10 예에 있어서 Z축 스테이지(113)에 의해 가공 대상물(1)의 두께 방향에 있어서의 집광점(P)의 위치가 조절된다. 그에 따라, 예를 들면, 집광점(P)을 가공 대상물(1)의 두께 방향에서 두께의 반의 위치보다 입사면(표면(3))에 가까운 위치 또는 먼 위치로 조절하거나, 두께의 약 반의 위치로 조절하거나 할 수 있다. 또, 집광용 렌즈(105)를 Z축 방향으로 이동시키는 것에 의해서도, 이들의 조절이나 레이저 광의 집광점을 가공 대상물의 내부에 맞출 수 있다. 따라서, 본 발명에서는 가공 대상물(1)이 그 두께 방향으로 이동하는 경우 및 집광용 렌즈(105)가 가공 대상물(1)의 두께 방향으로 이동하는 경우가 있기 때문에, 가공 대상물(1)의 두께 방향에 있어서의 가공 대상물(1)의 이동량은 상대적 이동량이나 다른 상대적 이동량으로 하고 있다.

[0412] Z축 스테이지에 의한 가공 대상물의 두께 방향에 있어서의 집광점(P)의 위치의 조절은 도 93 및 도 94에서 설명한 제 9 예와 같다.

[0413] 제 10 예에 있어서도 촬상 데이터 처리부(125)는 촬상 데이터를 기초로 하여 관찰용 광원(117)으로 발생한 가시광의 초점이 표면(3)상에 맞추기 위한 초점 데이터를 연산한다. 이 초점 데이터를 기초로 하여 스테이지 제어부(115)가 Z축 스테이지(113)를 이동 제어함으로써, 가시광의 초점이 표면(3)에 맞도록 한다. 가시광의 초점이

표면(3)에 위치하는 Z축 스테이지(113)의 위치에 있어서, 레이저 광(L)의 집광점(P)도 표면(3)에 위치하도록 레이저 가공장치(1)는 조정되어 있다. 따라서, 초점 데이터는 집광점(P)을 표면(3; 입사면)에 위치시키는 데 필요한 가공 대상물(1)의 두께 방향에 있어서의 가공 대상물(1)의 다른 상대적 이동량의 일례이다. 촬상 데이터 처리부(125)는 다른 상대적 이동량을 연산하는 기능을 갖는다.

[0414] 전체 제어부(127)는 도 93 및 도 94에서 설명한 이동량(z)의 데이터가 입력되어 기억된다. 즉, 전체 제어부(127)는 가공 대상물(1)의 두께 방향에 있어서의 가공 대상물의 상대적 이동량의 데이터를 기억하는 기능을 갖는다. 전체 제어부(127), 스테이지 제어부(115) 및 Z축 스테이지(113)에 의해, 집광용 렌즈(105)에 의해 집광된 펄스 레이저 광의 집광점의 위치는 가공 대상물(1)의 두께의 범위 내에서 조절된다.

[0415] 본 실시예의 제 10 예에 관계되는 레이저 가공방법에 대해서, 도 14에 도시된 제 1 예에 관계되는 레이저 가공장치 및 도 15에 도시된 제 1 예에 관계되는 레이저 가공방법의 플로 차트를 참조하여 설명한다. 가공 대상물(1)은 실리콘 웨이퍼이다.

[0416] 스텝 S101은 도 15에 도시된 제 1 예의 스텝 S101과 같다. 다음에, 도 15에 도시된 제 1 예의 스텝 S103과 같이 하여, 가공 대상물(1)의 두께를 측정한다. 두께의 측정 결과 및 가공 대상물(1)의 굴절율을 기초로 하여, 가공 대상물(1)의 Z축 방향의 이동량(z)을 결정한다(S103). 이것은 레이저 광(L)의 집광점(P)이 가공 대상물(1)의 내부에 위치시키기 위해서, 가공 대상물(1)의 표면(3)에 위치하는 레이저 광(L)의 집광점을 기준으로 한 가공 대상물(1)의 Z축 방향의 이동량이다. 즉, 가공 대상물(1)의 두께 방향에 있어서의 집광점(P)의 위치가 결정된다. Z축 방향의 이동량(z)은 가공 대상물(1)의 두께 방향에 있어서의 가공 대상물의 상대적 이동량의 데이터의 일례이다. 집광점(P)의 위치는 가공 대상물(1)의 두께, 재질, 가공의 효과(예를 들면 가공 대상물의 취급의 용이, 용이하게 절단할 수 있음) 등을 고려하여 결정한다. 이 이동량의 데이터는 전체 제어부(127)에 입력된다.

[0417] 스텝 S105 및 스텝 S107은 도 15에 도시된 제 1 예의 스텝 S105 및 스텝 S107과 같다. 스텝 S107에서 연산된 초점 데이터는 가공 대상물(1)의 Z축 방향에 있어서의 다른 상대적 이동량의 데이터이다.

[0418] 이 초점 데이터는 스테이지 제어부(115)로 보내진다. 스테이지 제어부(115)는 이 초점 데이터를 기초로 하여 Z축 스테이지(113)를 Z축 방향으로 이동시킨다(S109). 그에 따라, 관찰용 광원(117)의 가시광의 초점이 표면(3)에 위치한다. Z축 스테이지(113)의 이 위치에 있어서, 펄스 레이저 광(L)의 집광점(P)은 표면(3)에 위치하게 된다. 또, 촬상 데이터 처리부(125)는 촬상 데이터에 근거하여, 절단 예정 라인(5)을 포함하는 가공 대상물(1)의 표면(3)의 확대 화상 데이터를 연산한다. 이 확대 화상 데이터는 전체 제어부(127)를 통해서 모니터(129)로 보내지고, 그에 따라 모니터(129)에 절단 예정 라인(5) 부근의 확대 화상이 표시된다.

[0419] 전체 제어부(127)에는 미리 스텝 S103에서 결정된 상대적 이동량 데이터가 입력되어 있고, 이 이동량 데이터가 스테이지 제어부(115)로 보내진다. 스테이지 제어부(115)는 이 이동량 데이터에 근거하여, 레이저 광(L)의 집광점(P)이 가공 대상물(1)의 내부가 되는 위치에, Z축 스테이지(113)에 의해 가공 대상물(1)을 Z축 방향으로 이동시킨다(S111).

[0420] 스텝 S113 및 스텝 S115는 도 15에 도시된 스텝 S113 및 스텝 S115와 같다. 이상으로부터, 가공 대상물(1)을 실리콘 칩으로 분할한다.

[0421] 본 실시예의 제 10 예의 효과를 설명한다. 제 10 예에 의하면, 가공 대상물(1)의 두께 방향에 있어서의 집광점(P)의 위치를 조절하여 가공 대상물(1)에 펄스 레이저 광(L)을 조사하여 개질 영역을 형성하고 있다. 그에 따라, 가공 대상물(1)의 두께 방향에 있어서의 개질 영역의 위치를 제어할 수 있다. 따라서, 가공 대상물(1)의 재질, 두께, 가공의 효과 등에 따라서 가공 대상물(1)의 두께 방향에 있어서의 개질 영역의 위치를 바꿈으로써, 가공 대상물(1)에 따른 절단 가공이 가능해진다.

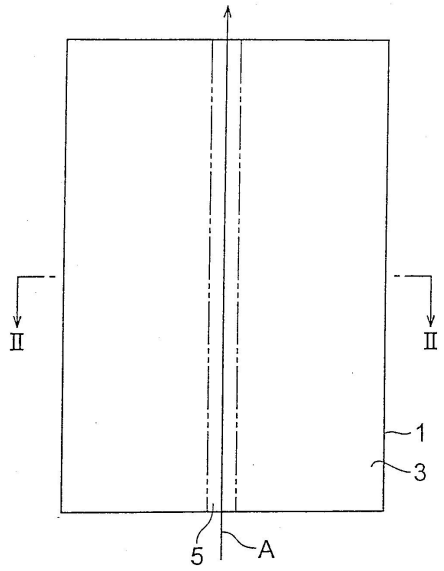
부호의 설명

[0422]

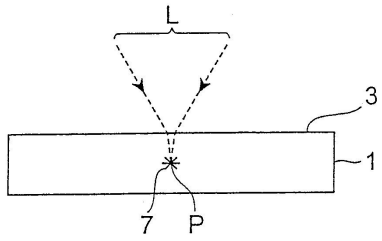
1 : 가공대상물	5 : 절단예정라인
7 : 개질영역	9 : 크랙영역
11 : 실리콘 웨이퍼	13 : 용융처리영역

도면

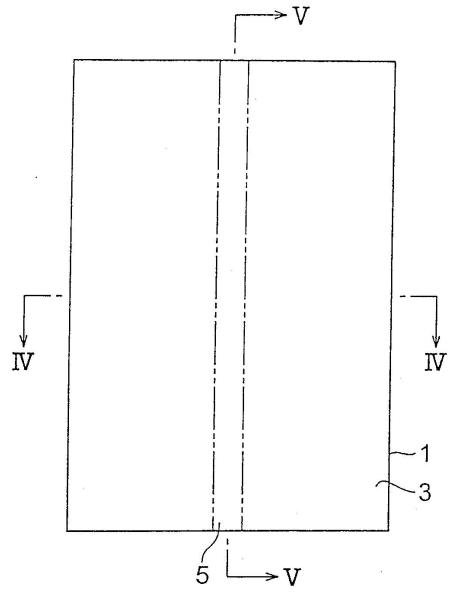
도면1



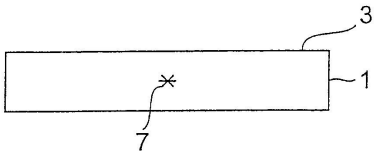
도면2



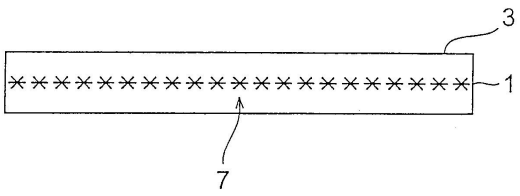
도면3



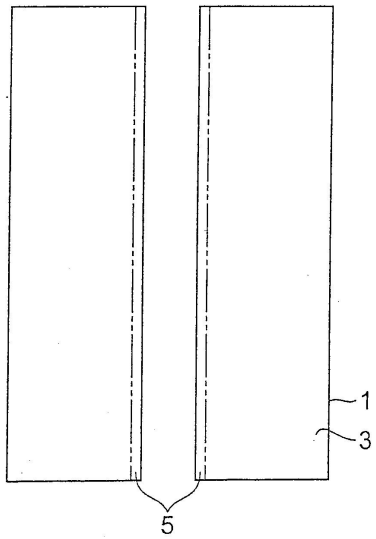
도면4



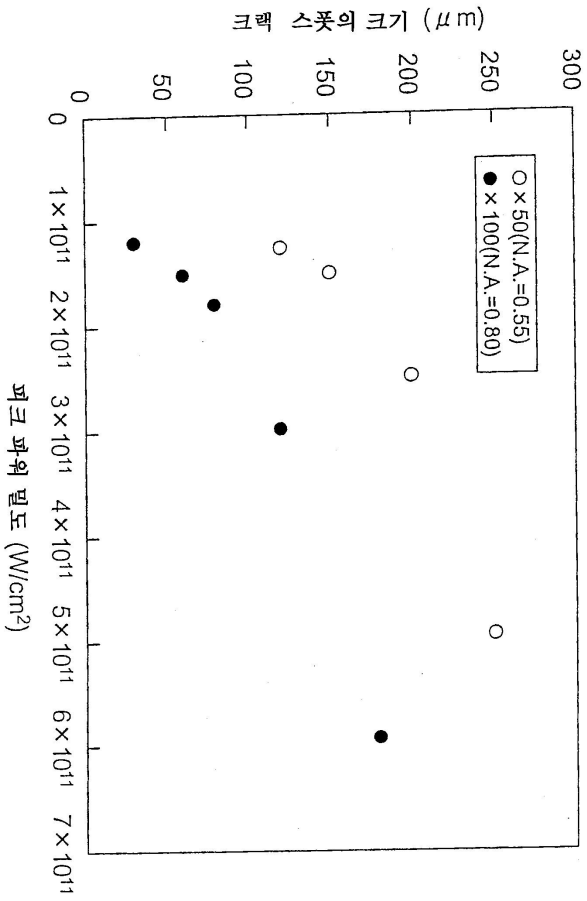
도면5



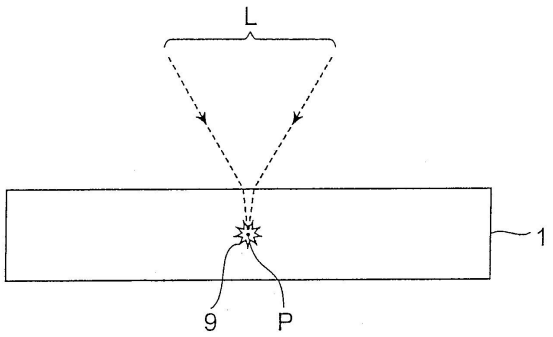
도면6



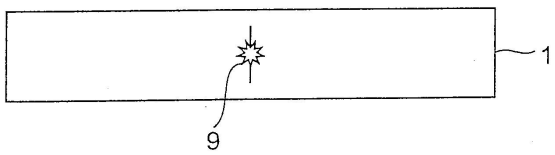
도면7


크랙 스폿의 크기 (μm)
0
50
100
150
200
250
300
피크 파워 밀도 (W/cm²)
1×10¹¹
2×10¹¹
3×10¹¹
4×10¹¹
5×10¹¹
6×10¹¹
7×10¹¹
○×50(N.A.=0.55)
●×100(N.A.=0.80)

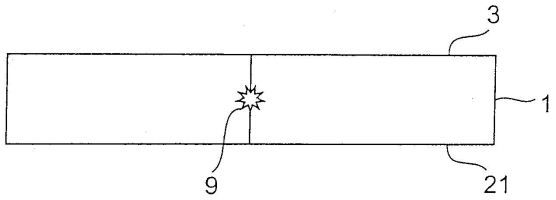
도면8


L
1
9
P

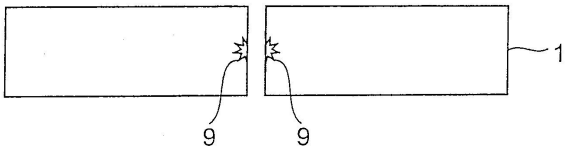
도면9


1
9

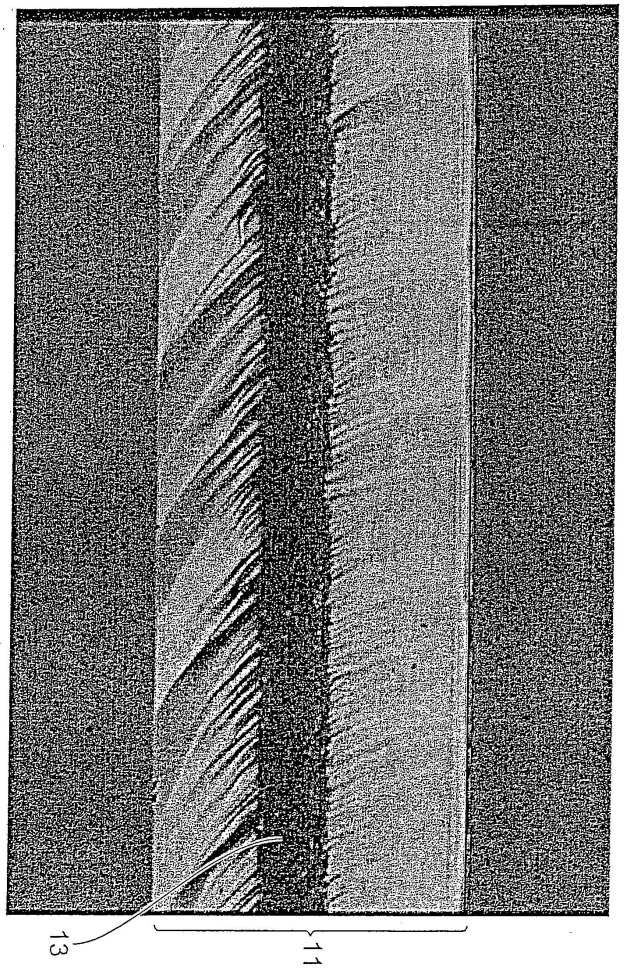
도면10



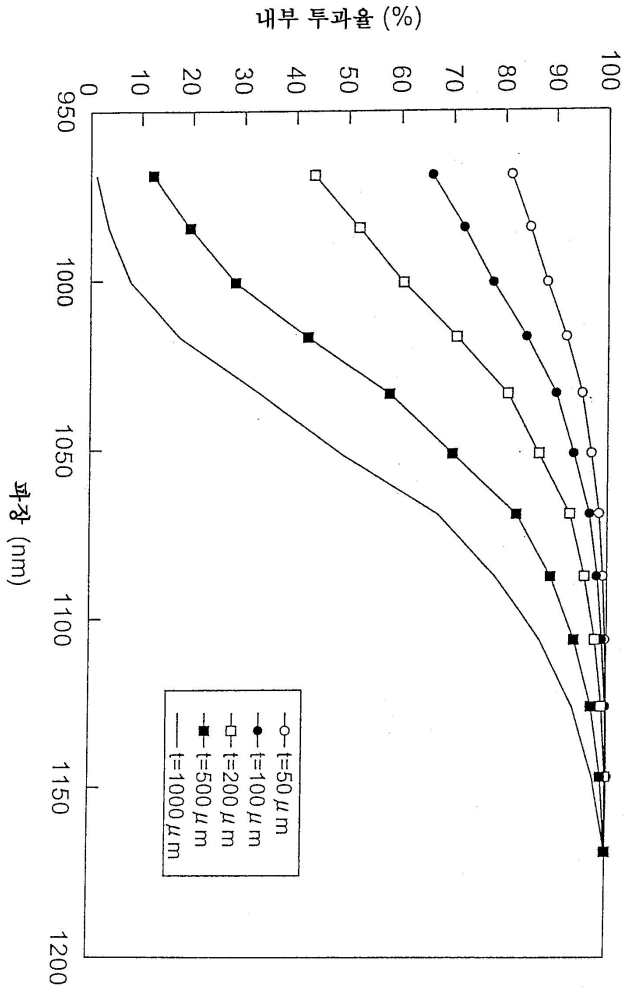
도면11



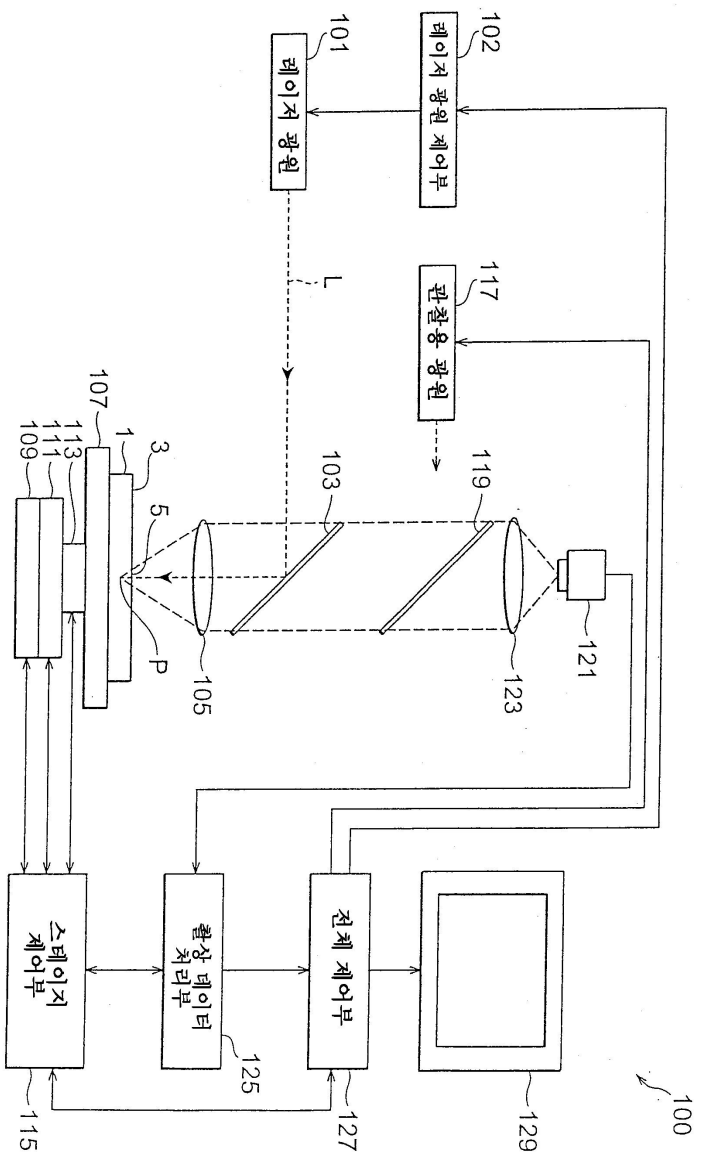
도면12



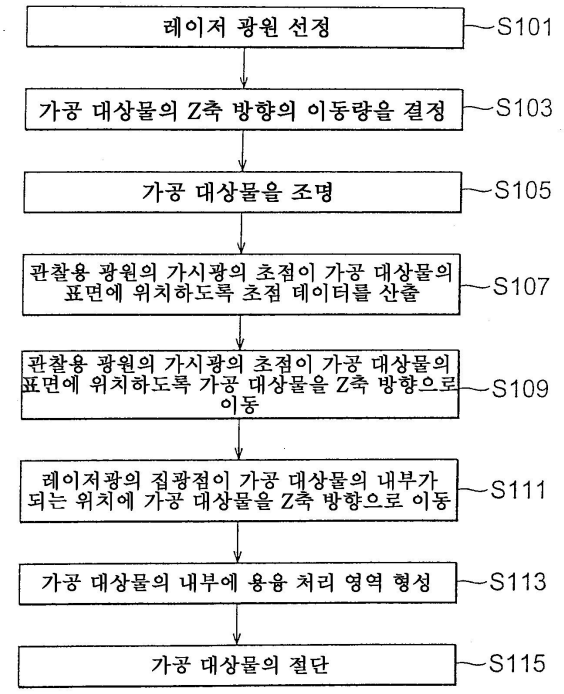
도면13


내부 투과율 (%)
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
950
1000
1050
1100
1150
1200
파장 (nm)
t=50㎛
t=100㎛
t=200㎛
t=500㎛
t=1000㎛

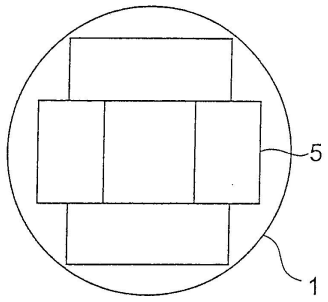
도면14


101
레이저 광원
102
레이저 광원 제어부
L
117
관찰용 광원
107
1
3
109
111
113
5
103
119
121
105
123
P
스테이지 제어부
촬상 데이터 처리부
전체 제어부
115
125
127
129
100

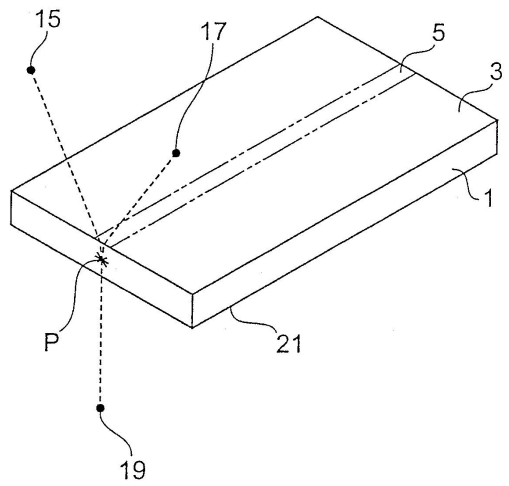
도면15



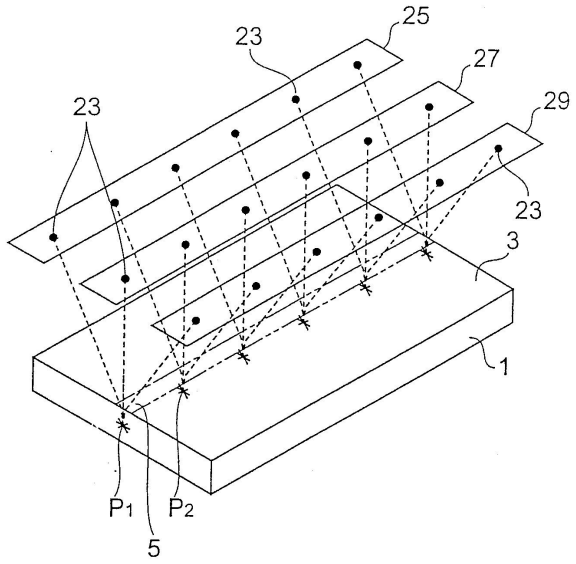
도면16



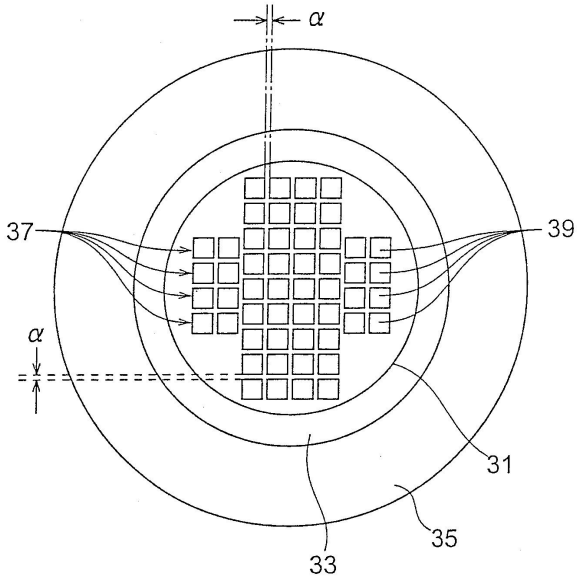
도면17



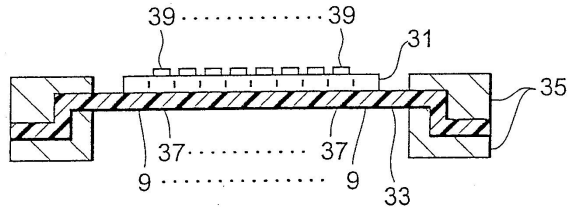
도면18



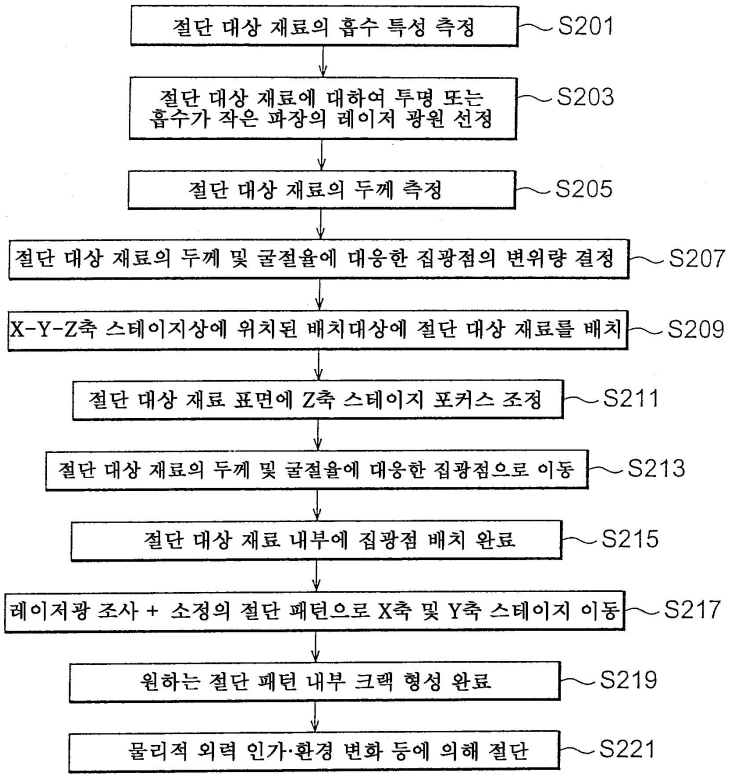
도면19



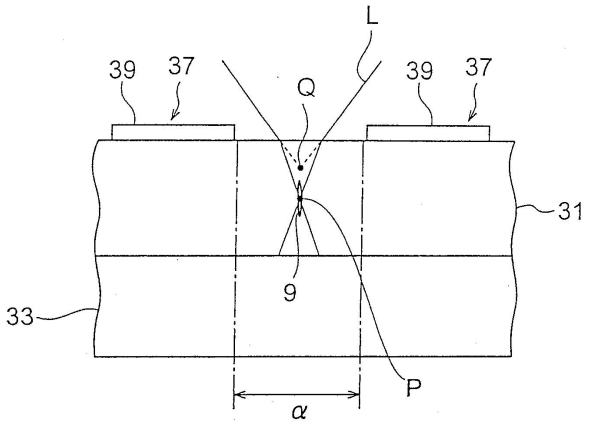
도면20



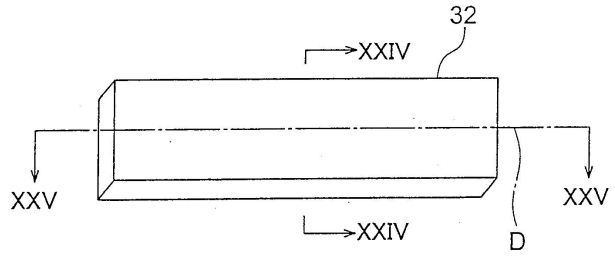
도면21



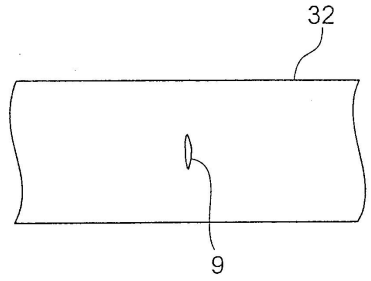
도면22



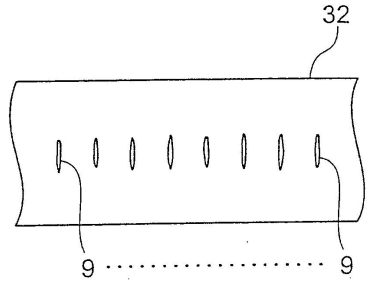
도면23



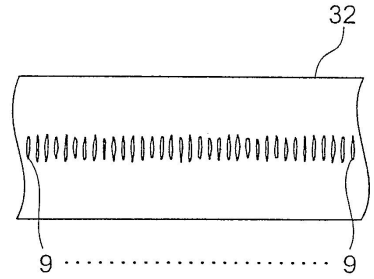
도면24



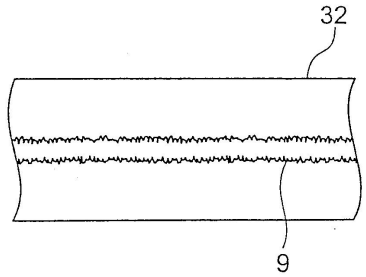
도면25



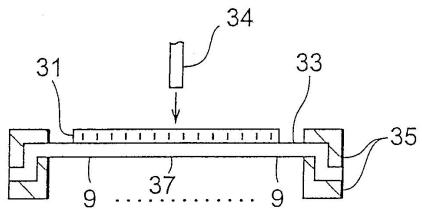
도면26



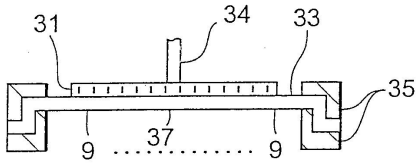
도면27



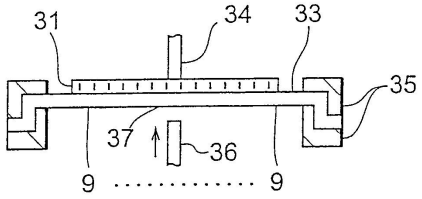
도면28



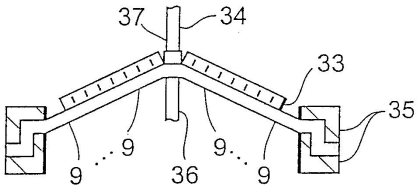
도면29



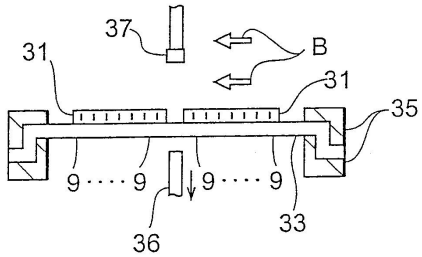
도면30



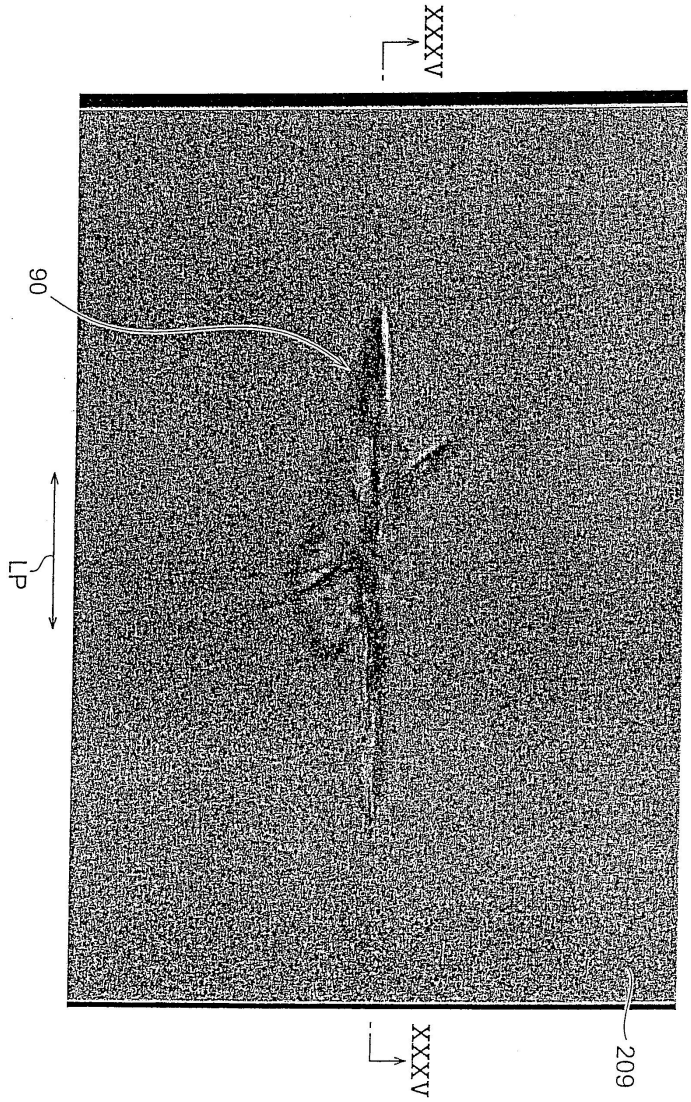
도면31



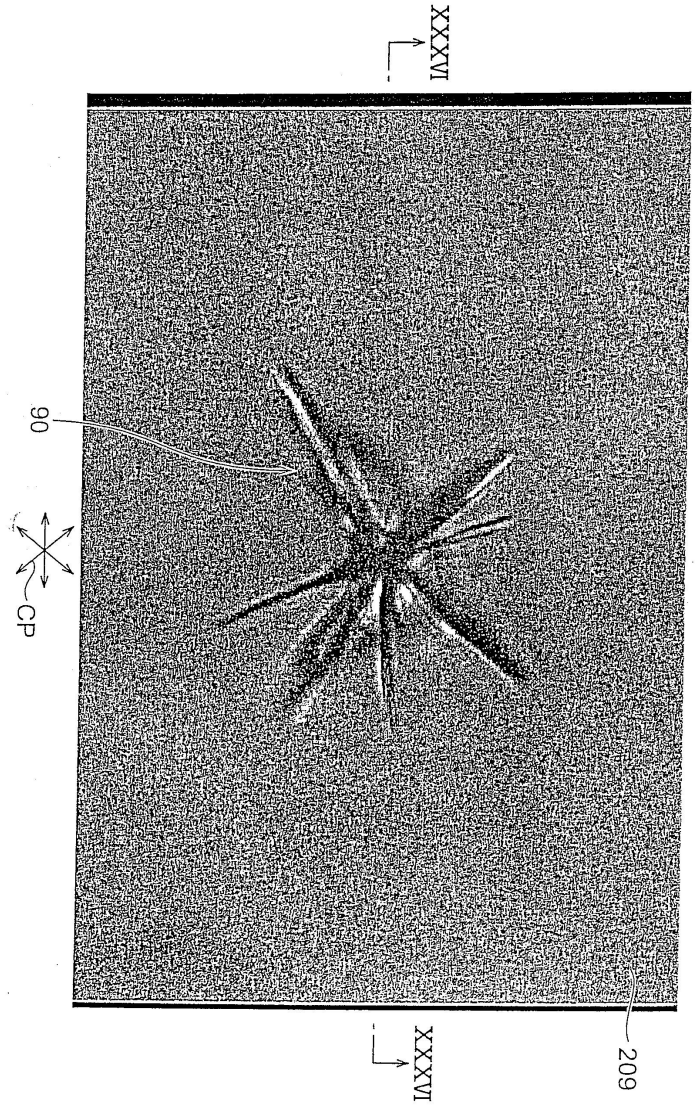
도면32



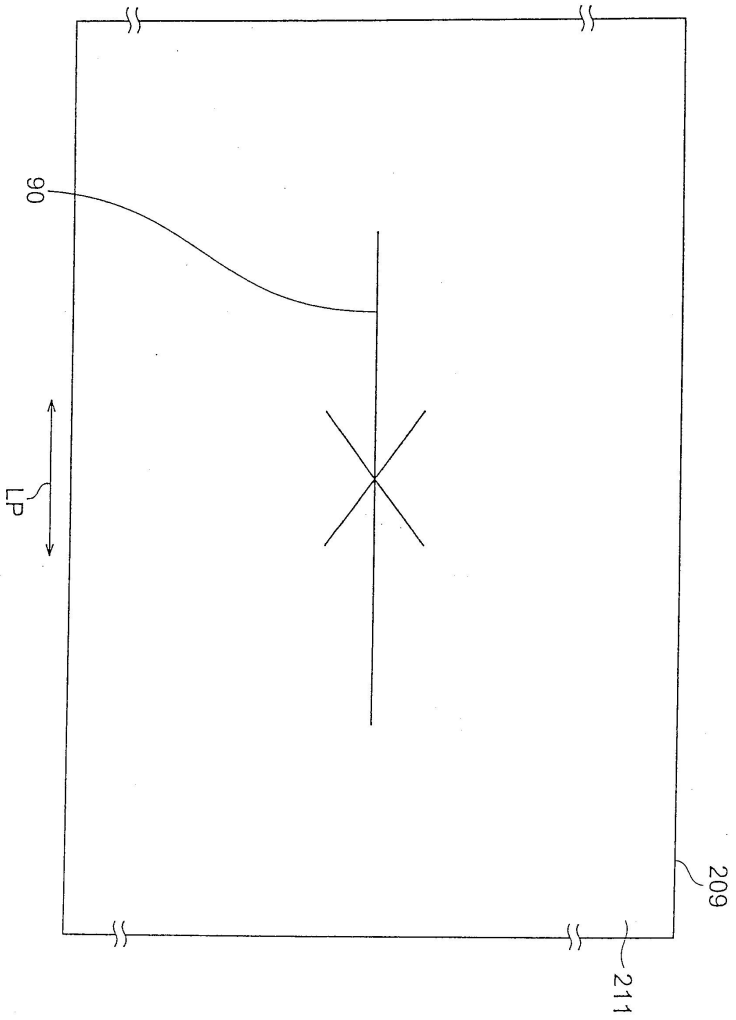
도면33



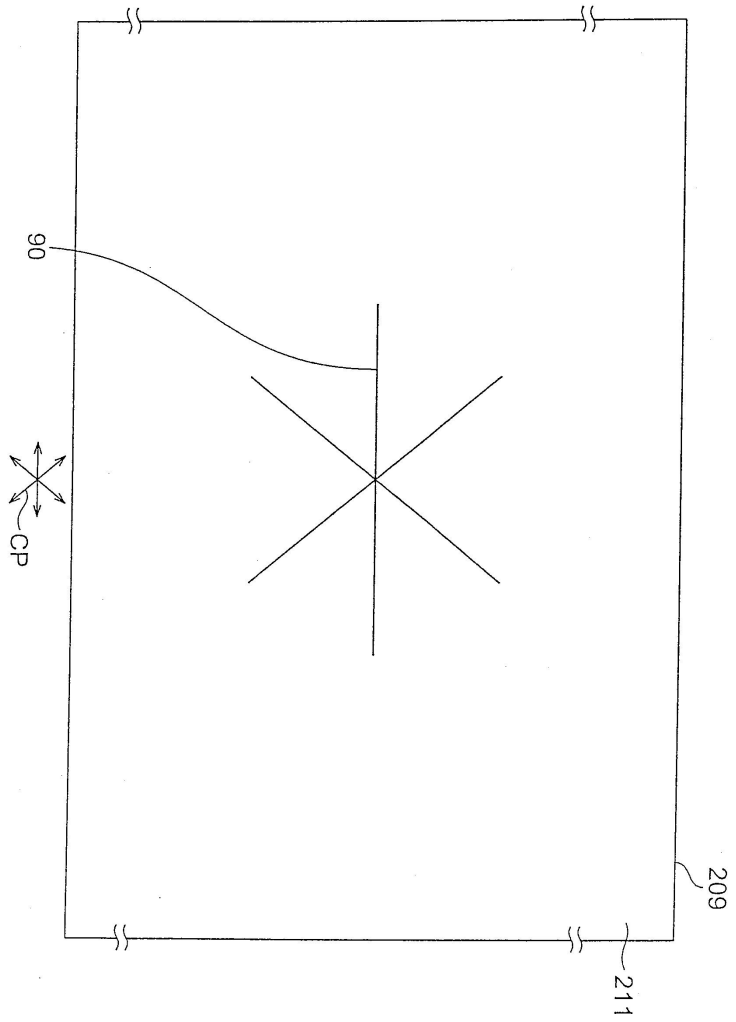
도면34



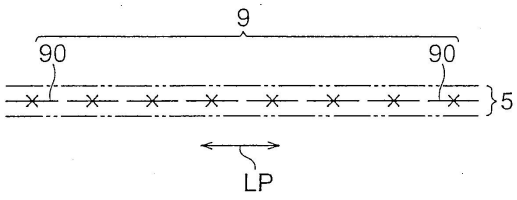
도면35



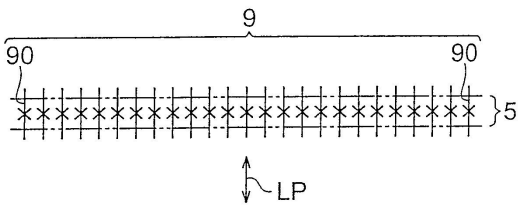
도면36



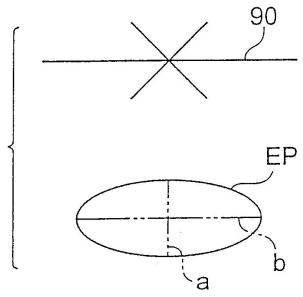
도면37



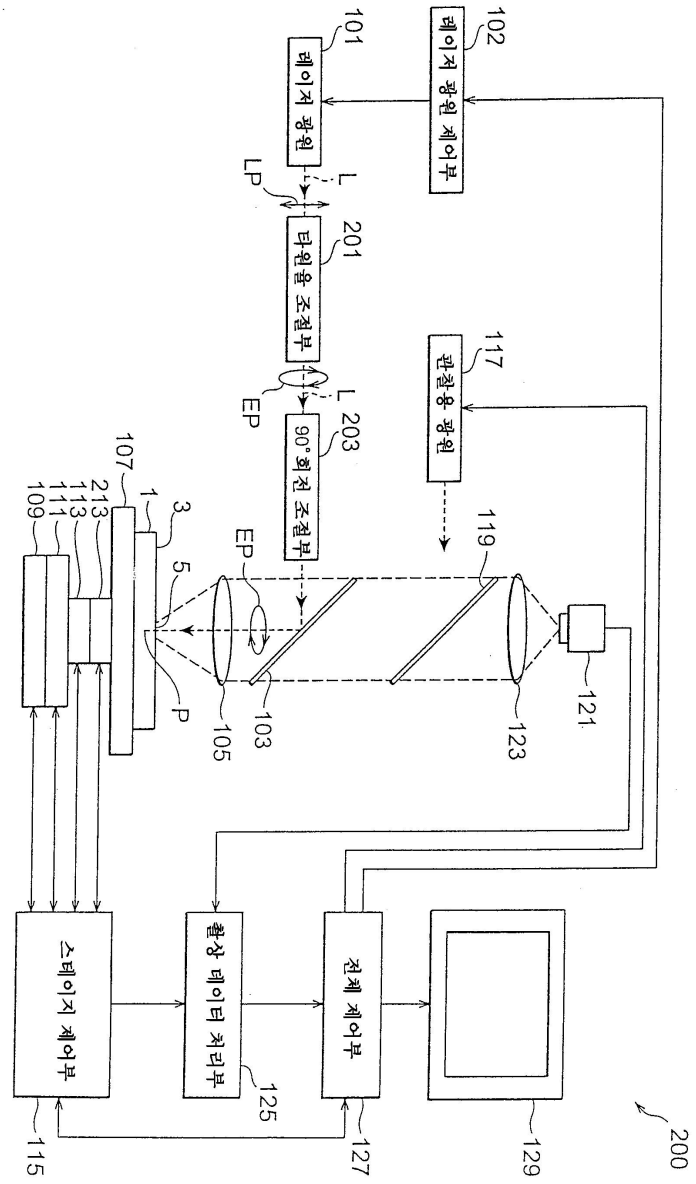
도면38



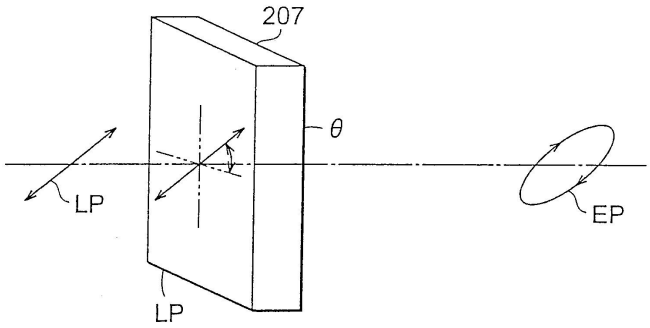
도면39


90
EP
b
a

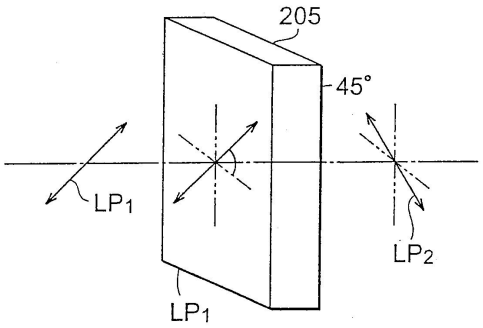
도면40


101
레이저 광원
102
레이저 광원 제어부
LP
L
201
타원율 조절부
EP
L
203
90° 회전 조절부
117
관찰용 광원
119
107
1
3
5
109
111
113
213
EP
P
105
103
123
121
스테이지 제어부
활상 데이터 처리부
125
전체 제어부
127
115
129
200

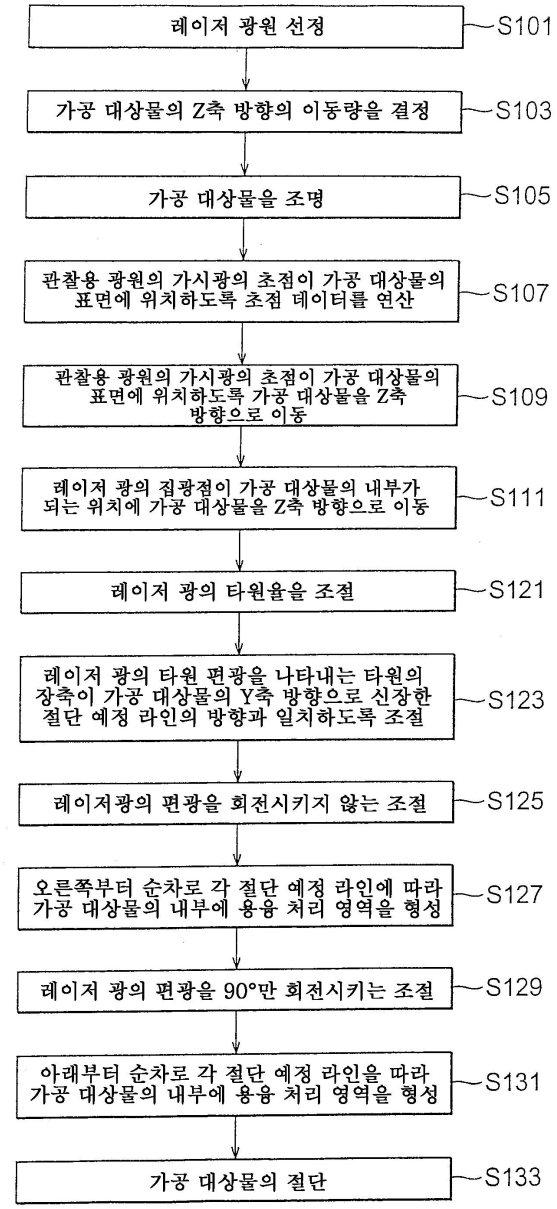
도면41



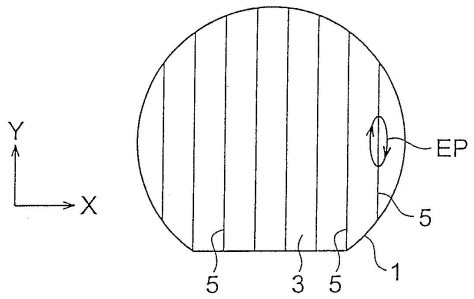
도면42



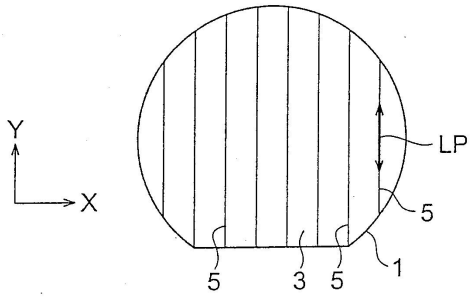
도면43


레이저 광원 선정
S101
가공 대상물의 Z축 방향의 이동량을 결정
S103
가공 대상물을 조명
S105
관찰용 광원의 가시광의 초점이 가공 대상물의 표면에 위치하도록 초점 데이터를 연산
S107
관찰용 광원의 가시광의 초점이 가공 대상물의 표면에 위치하도록 가공 대상물을 Z축 방향으로 이동
S109
레이저 광의 집광점이 가공 대상물의 내부가 되는 위치에 가공 대상물을 Z축 방향으로 이동
S111
레이저 광의 타원율을 조절
S121
레이저 광의 타원 편광을 나타내는 타원의 장축이 가공 대상물의 Y축 방향으로 신장한 절단 예정 라인의 방향과 일치하도록 조절
S123
레이저광의 편광을 회전시키지 않는 조절
S125
오른쪽부터 순차로 각 절단 예정 라인에 따라 가공 대상물의 내부에 용융 처리 영역을 형성
S127
레이저 광의 편광을 90°만 회전시키는 조절
S129
아래부터 순차로 각 절단 예정 라인을 따라 가공 대상물의 내부에 용융 처리 영역을 형성
S131
가공 대상물의 절단
S133

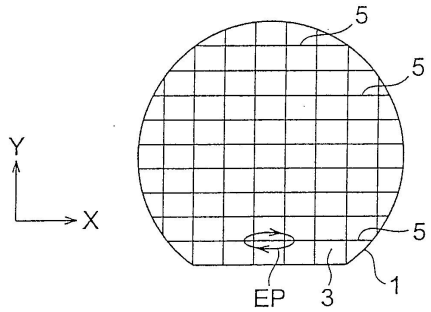
도면44


Y
X
EP
5
5
3
5
1

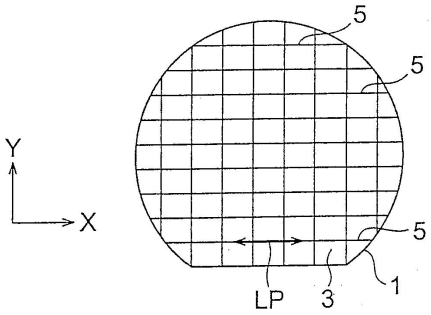
도면45



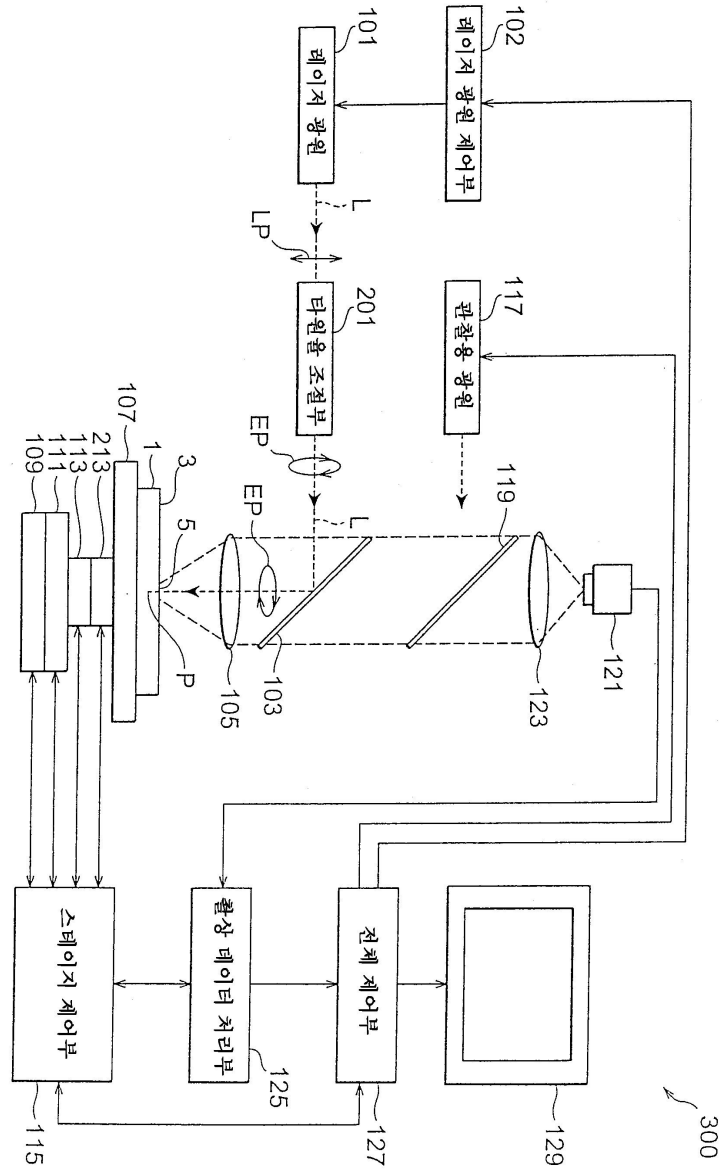
도면46



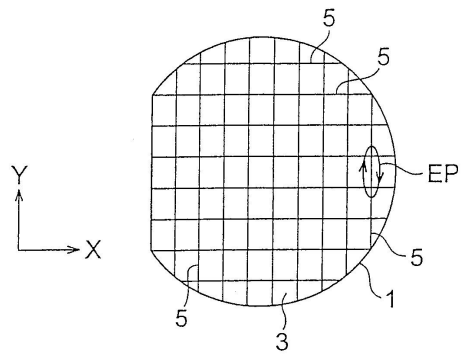
도면47



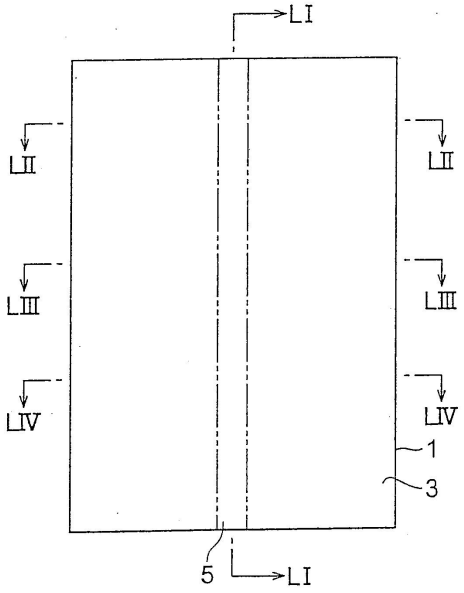
도면48


레이저 광원
101
레이저 광원 제어부
102
L
LP
타원율 조절부
201
관찰용 광원
117
EP
L
EP
119
107
1
3
213
113
111
109
5
P
105
103
123
121
스테이지 제어부
115
촬상 데이터 처리부
125
전체 제어부
127
129
300

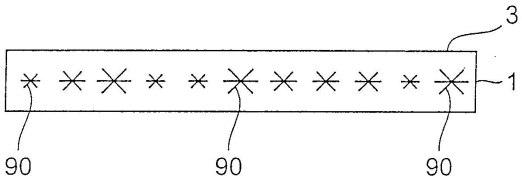
도면49


5
5
EP
Y
X
5
1
5
3

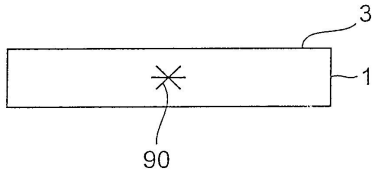
도면50



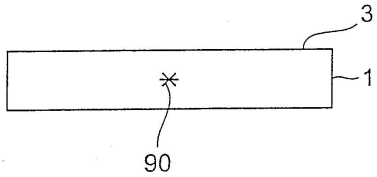
도면51



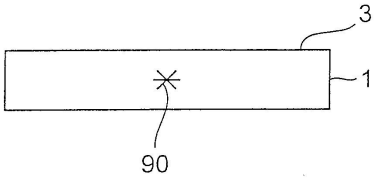
도면52



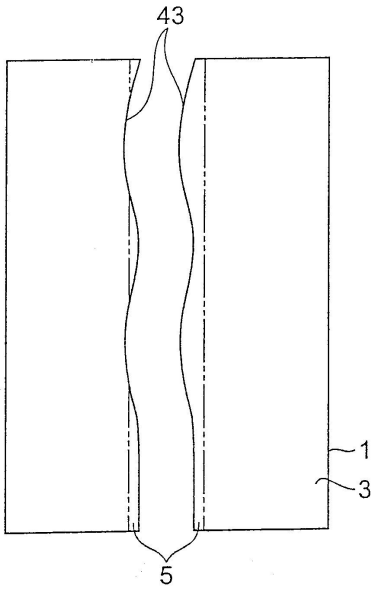
도면53



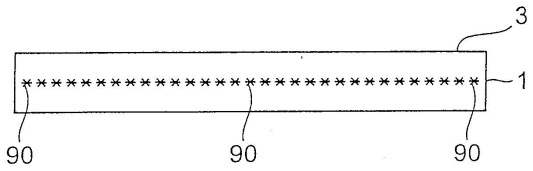
도면54



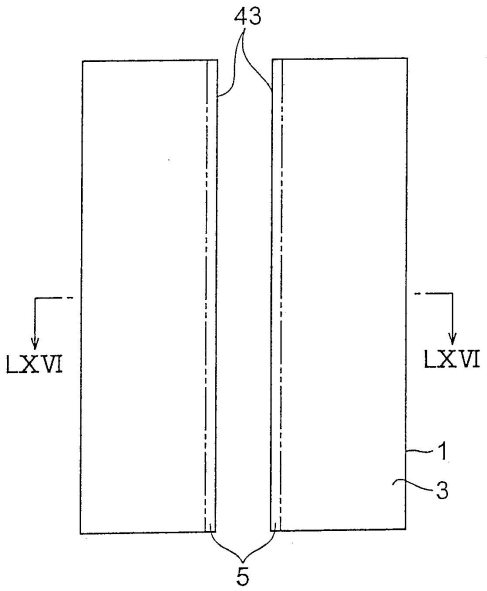
도면55



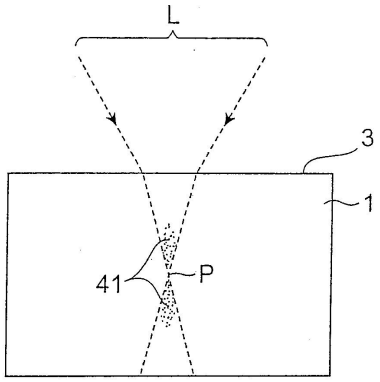
도면56



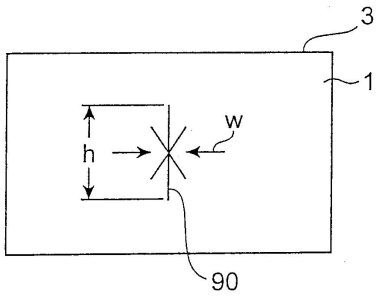
도면57



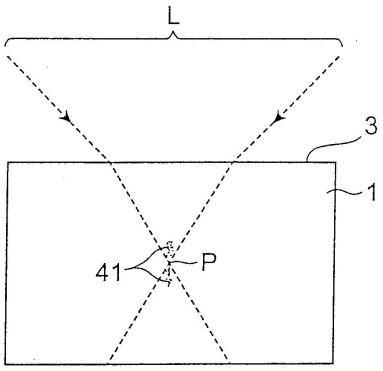
도면58



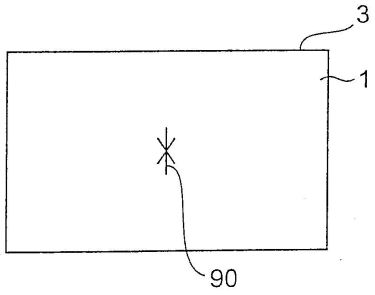
도면59



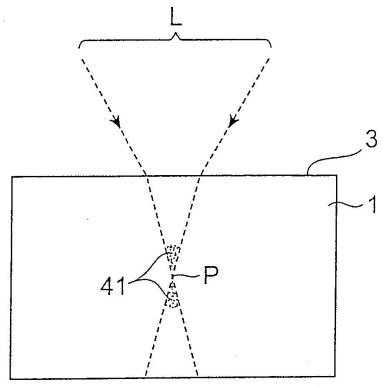
도면60



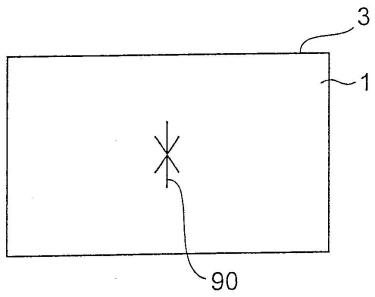
도면61



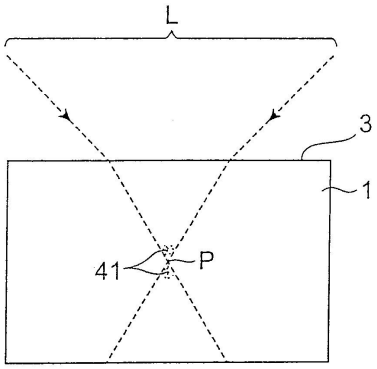
도면62



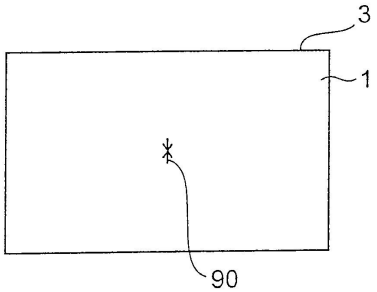
도면63



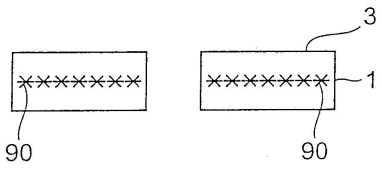
도면64



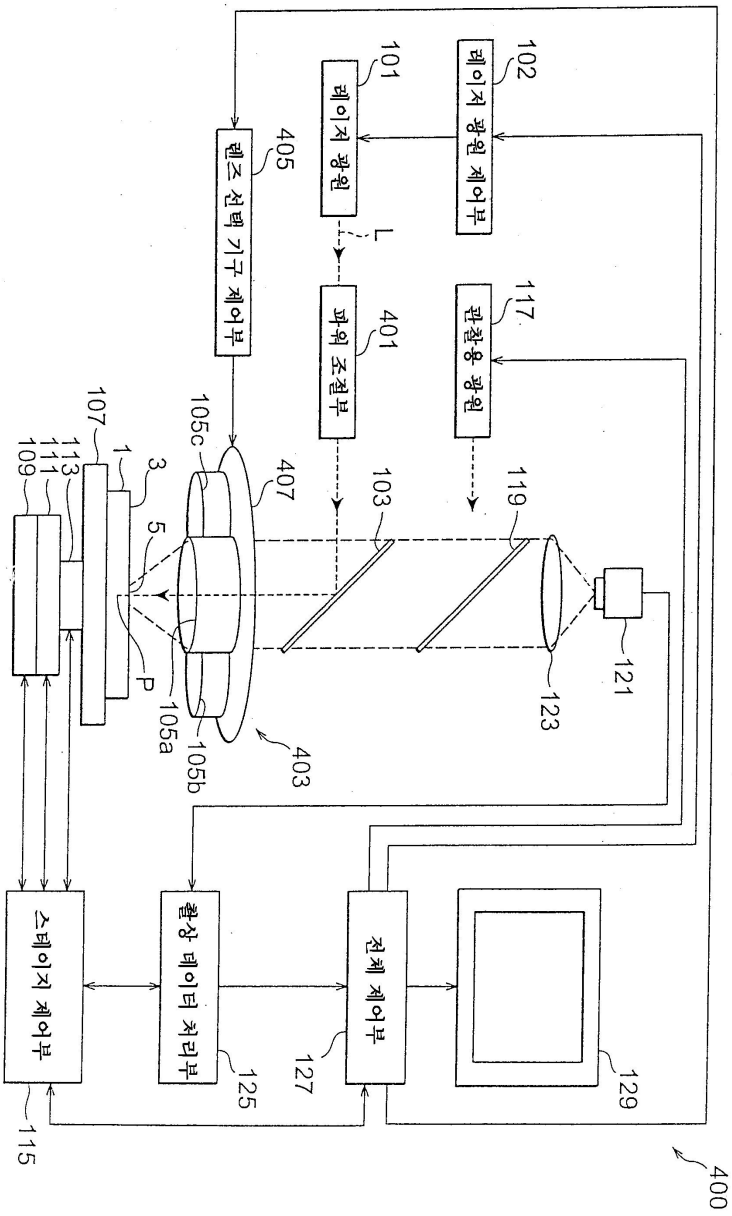
도면65



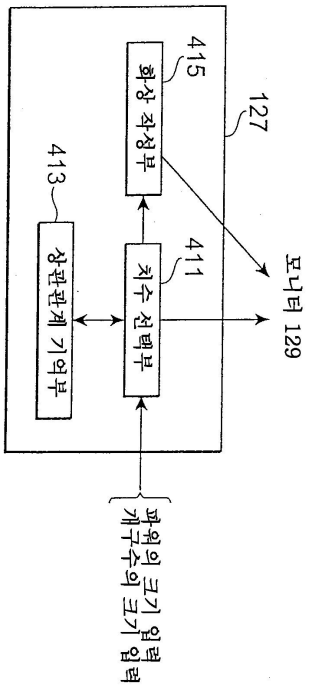
도면66


3
1
90
90

도면67


레이저 광원 제어부
102
레이저 광원
101
렌즈 선택 기구 제어부
405
L
파워 조절부
401
관찰용 광원
117
107
1
3
109
111
113
105c
407
103
119
5
P
105a
105b
403
123
121
스테이지 제어부
115
촬상 데이터 처리부
125
전체 제어부
127
129
400

도면68



도면69

세트		치수 (μm)
파워 밀도 (W/cm2)	개구수	
1.24×10^{11}	0.55	120
1.49×10^{11}	0.55	150
1.19×10^{11}	0.8	30
1.49×10^{11}	0.8	60

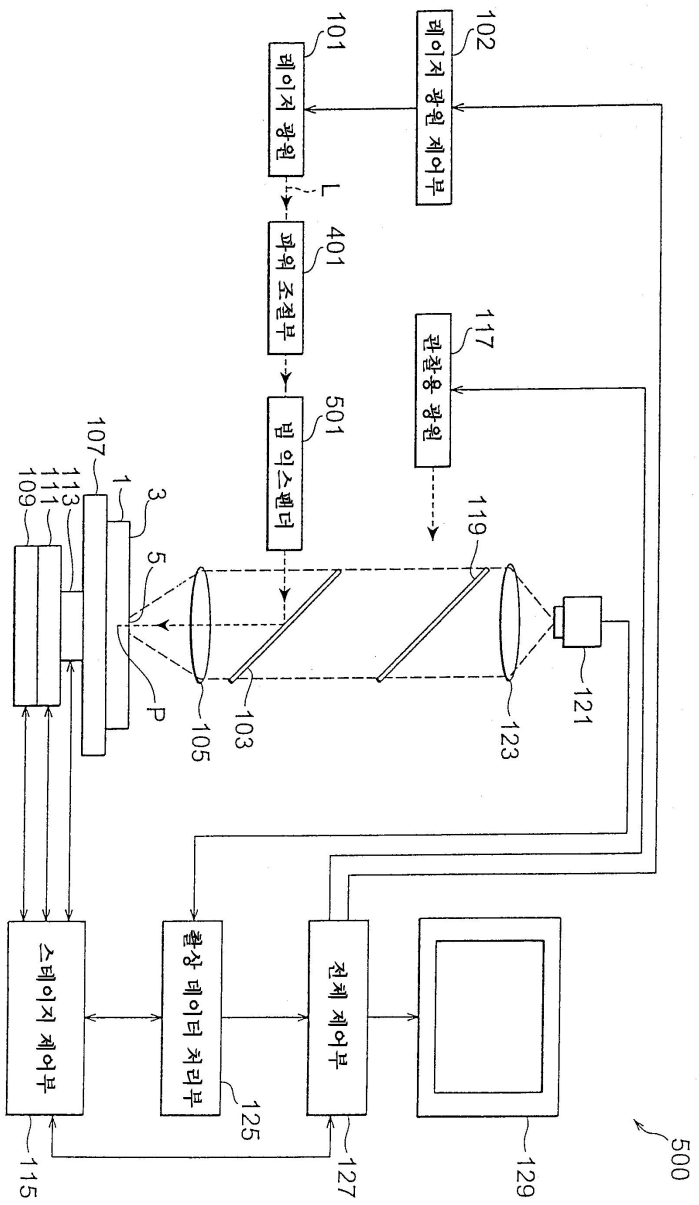
도면70

개구수	치수 (μm)
0.55	150
0.8	60

도면71

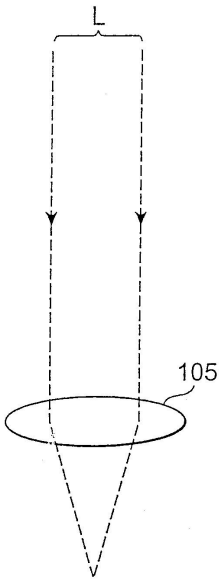
파워 밀도 (W/cm2)	치수 (μm)
1.19×10^{11}	30
1.49×10^{11}	60
1.79×10^{11}	80
2.98×10^{11}	120
5.96×10^{11}	180

도면72

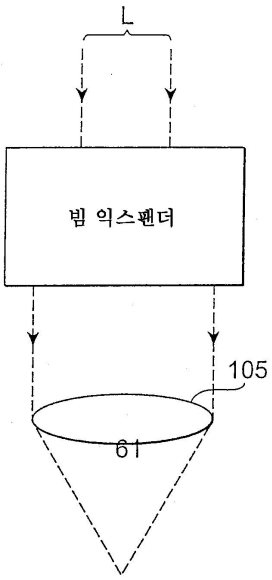


레이저 광원 제어부
102
레이저 광원
101
L
파워 조절부
401
빔 익스펜더
501
관찰용 광원
117
119
121
123
103
105
P
5
3
1
107
113
111
109
스테이지 제어부
115
촬상 데이터 처리부
125
전체 제어부
127
129
500

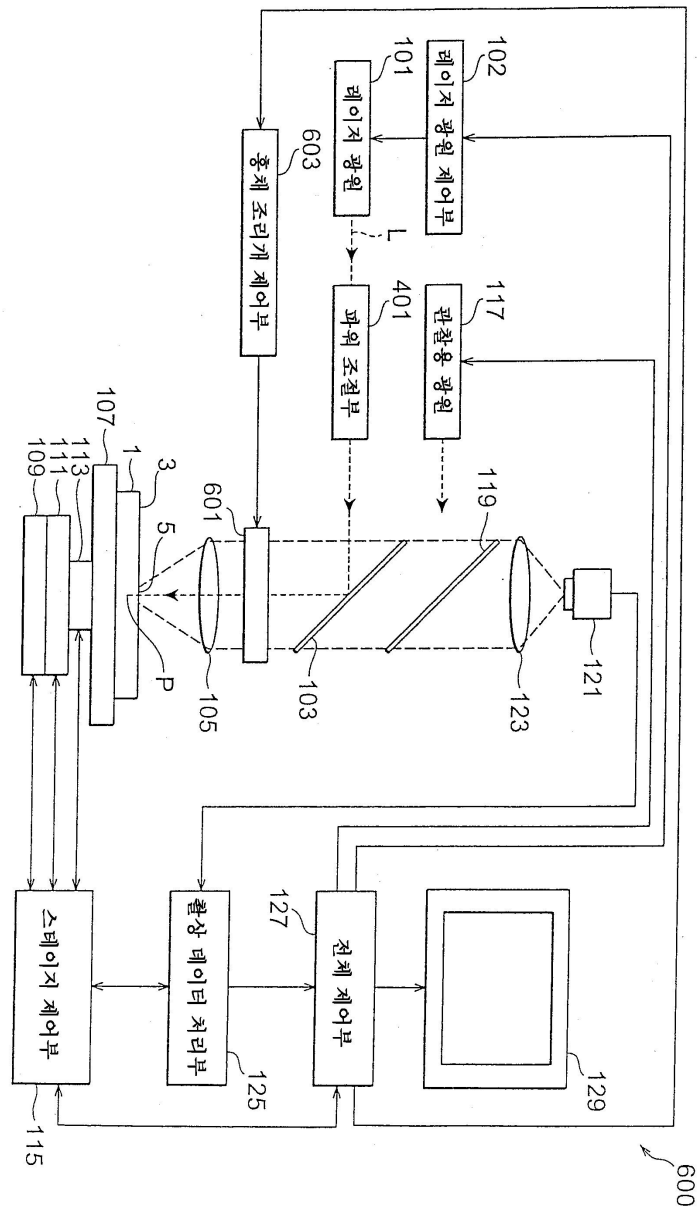
도면73



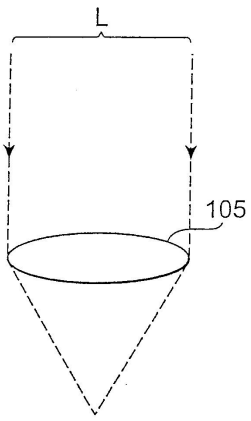
도면74



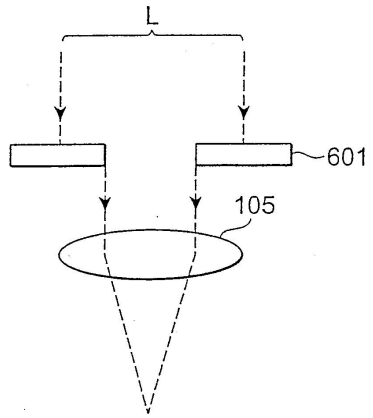
도면75


레이저 광원
101
레이저 광원 제어부
102
홍체 조리개 제어부
603
파워 조절부
401
관찰용 광원
117
107
113
111
109
1
3
5
601
119
105
103
123
121
P
스테이지 제어부
115
촬상 데이터 처리부
125
127
전체 제어부
129
600

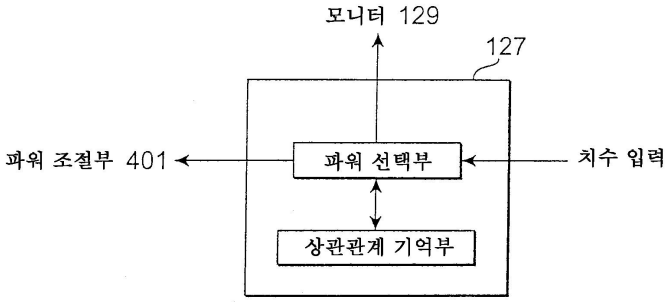
도면76


105

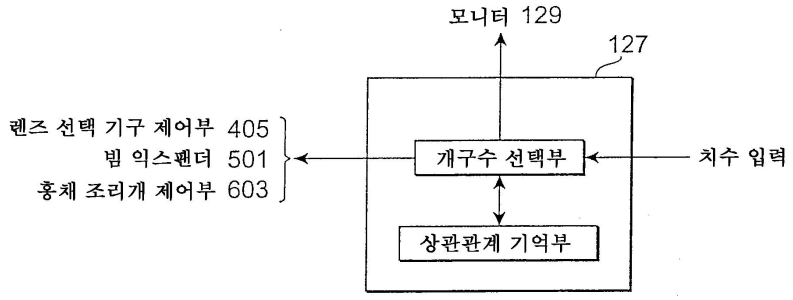
도면77



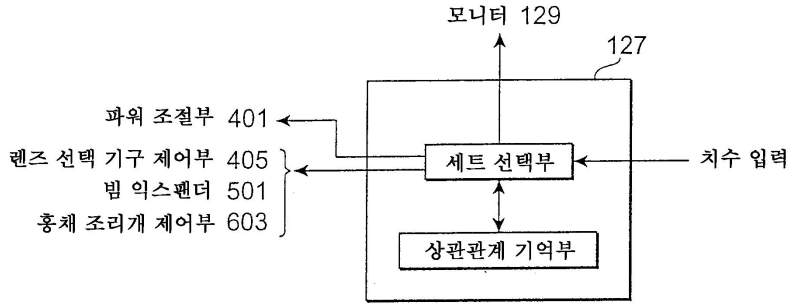
도면78



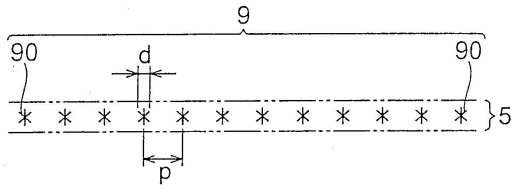
도면79



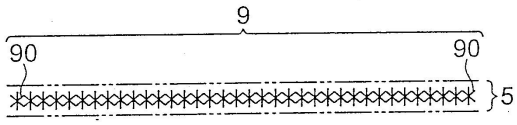
도면80



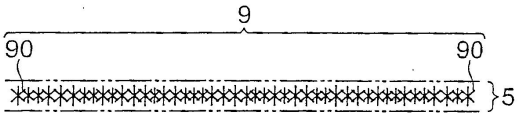
도면81



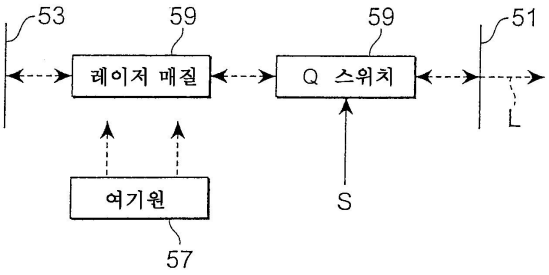
도면82



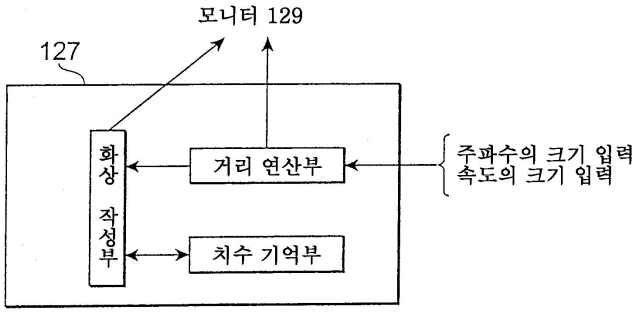
도면83



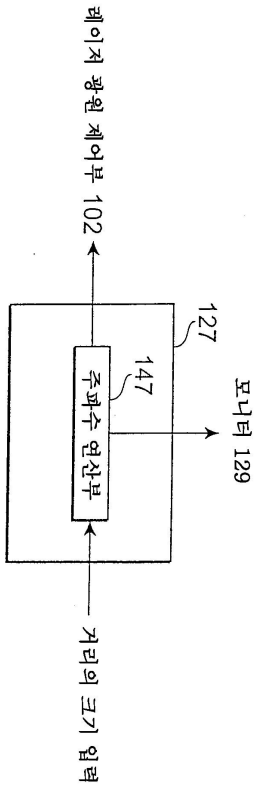
도면84



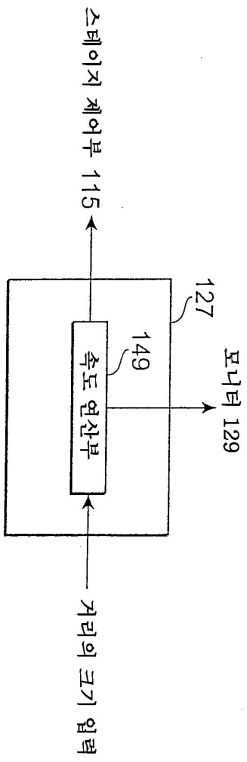
도면85



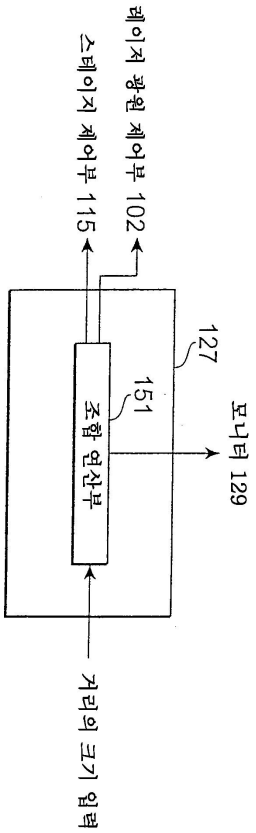
도면86


레이저 광원 제어부 102
127
147
주파수 연산부
모니터 129
거리의 크기 입력

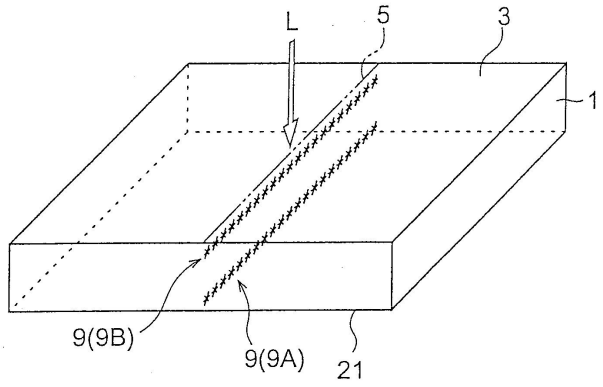
도면87


스테이지 제어부 115
127
149
속도 연산부
모니터 129
거리의 크기 입력

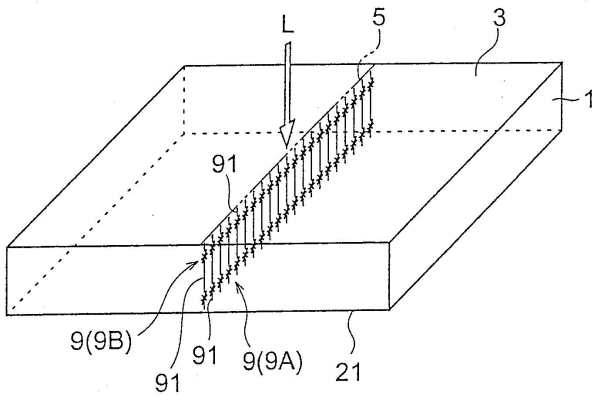
도면88


레이저 광원 제어부 102
스테이지 제어부 115
127
151
조합 연산부
모니터 129
거리의 크기 입력

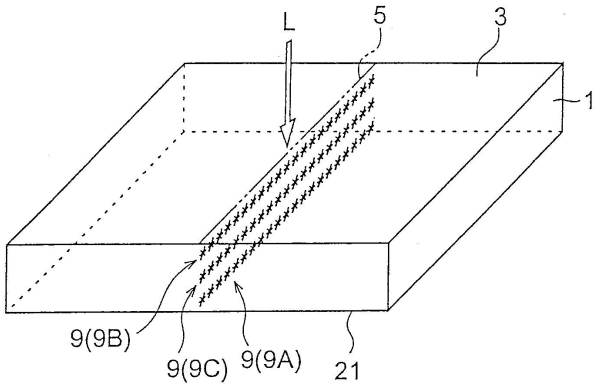
도면89


L
5
3
1
9(9B)
9(9A)
21

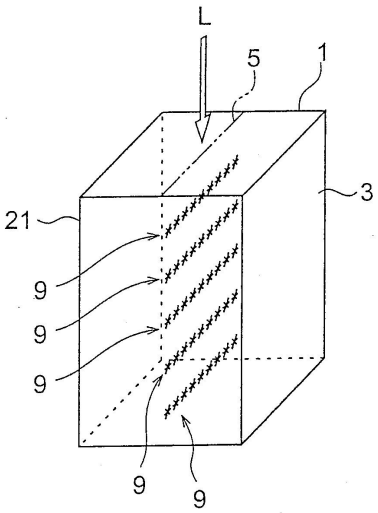
도면90



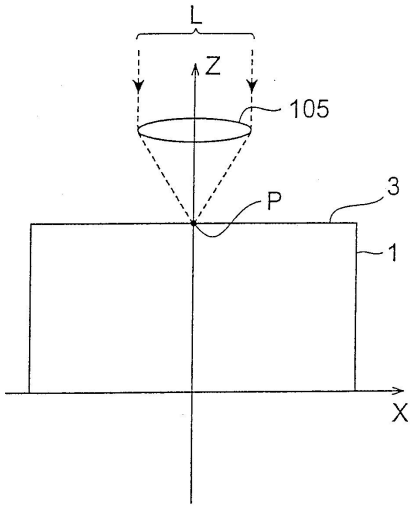
도면91



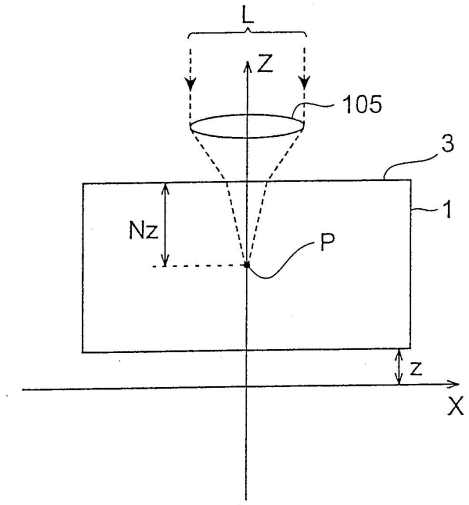
도면92



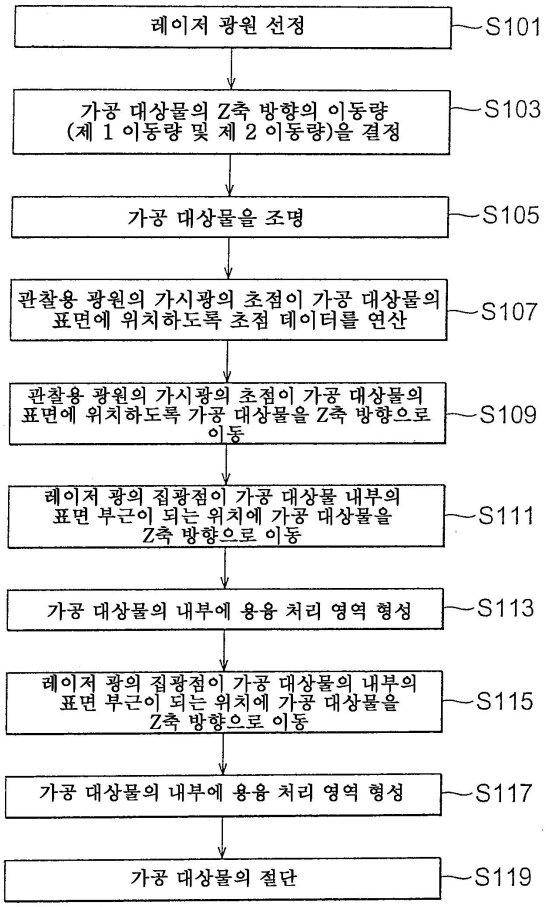
도면93



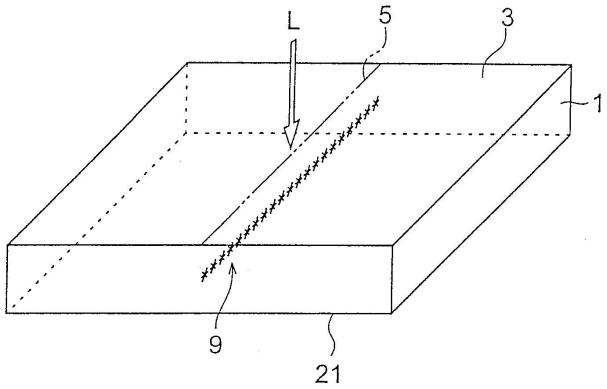
도면94



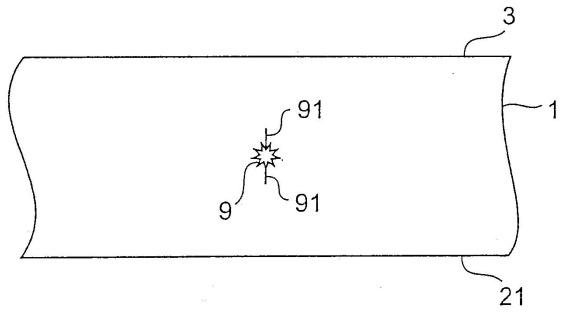
도면95


레이저 광원 선정
S101
가공 대상물의 Z축 방향의 이동량 (제 1 이동량 및 제 2 이동량)을 결정
S103
가공 대상물을 조명
S105
관찰용 광원의 가시광의 초점이 가공 대상물의 표면에 위치하도록 초점 데이터를 연산
S107
관찰용 광원의 가시광의 초점이 가공 대상물의 표면에 위치하도록 가공 대상물을 Z축 방향으로 이동
S109
레이저 광의 집광점이 가공 대상물 내부의 표면 부근이 되는 위치에 가공 대상물을 Z축 방향으로 이동
S111
가공 대상물의 내부에 용융 처리 영역 형성
S113
레이저 광의 집광점이 가공 대상물의 내부의 표면 부근이 되는 위치에 가공 대상물을 Z축 방향으로 이동
S115
가공 대상물의 내부에 용융 처리 영역 형성
S117
가공 대상물의 절단
S119

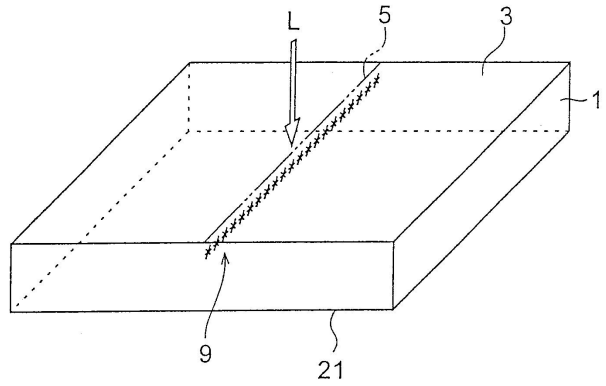
도면96


L
5
3
1
9
21

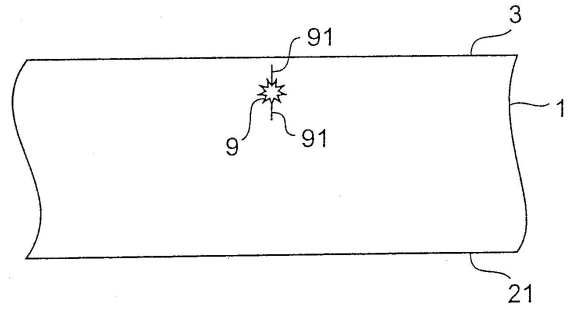
도면97



도면98



도면99



도면100

