



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2012년03월15일
(11) 등록번호 10-1119289
(24) 등록일자 2012년02월15일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01S 3/10 (2006.01) *B23K 26/00* (2006.01)
(21) 출원번호 10-2006-7001190
(22) 출원일자(국제) 2004년07월16일
 심사청구일자 2008년06월25일
(85) 번역문제출일자 2006년01월18일
(65) 공개번호 10-2006-0054322
(43) 공개일자 2006년05월22일
(86) 국제출원번호 PCT/JP2004/010224
(87) 국제공개번호 WO 2005/007335
 국제공개일자 2005년01월27일
(30) 우선권주장
 JP-P-2003-00277039 2003년07월18일 일본(JP)

(56) 선행기술조사문헌

JP11156568 A*

KR1020010017690 A*

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

전체 청구항 수 : 총 26 항

심사관 : 정진수

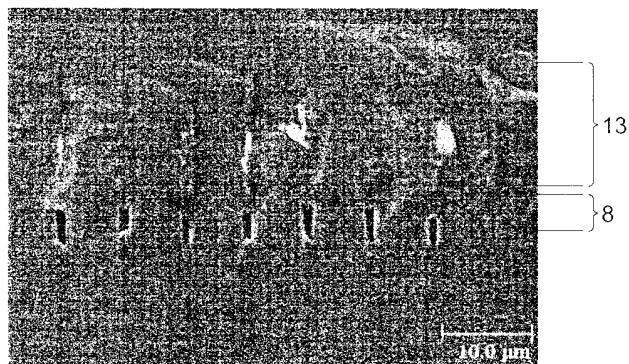
(54) 발명의 명칭 **절단방법**

(57) 요 약

가공 대상물을 용이하게 절단 가능한 레이저 가공방법을 제공한다.

가공 대상물(1)의 내부에 집광점을 맞추어 레이저 광을 조사하고, 가공 대상물의 절단 예정라인을 따라 가공 대상물의 내부에 다광자 흡수에 의한 피처리부(7, 13)를 형성함과 동시에, 가공 대상물의 내부에 있어 피처리부에 대응하는 소정의 위치에 미소공동(8)을 형성하는 공정을 구비한다.

대 표 도 - 도9



특허청구의 범위

청구항 1

반도체 웨이퍼의 내부에 집광점을 맞추고 상기 집광점의 펄크파워밀도가 $1 \times 10^8 (\text{W/cm}^2)$ 이상의 조건에서 펄스 레이저 광을 조사하고, 상기 펄스 레이저 광을 상기 반도체 웨이퍼의 절단예정라인을 따라서 상대적으로 이동시킴으로써, 상기 절단예정라인을 따라 상기 반도체 웨이퍼의 내부에 용융처리영역을 형성함과 동시에, 상기 반도체 웨이퍼의 내부에 있어 상기 용융처리영역을 사이에 두고 상기 펄스 레이저 광의 입사측과는 반대측에 상기 절단예정라인을 따라서 서로 이격하도록 복수의 미소공동을 형성하는 공정과,

상기 용융처리영역과 상기 미소공동으로 이루어지는 개질영역을 기점으로 하여 갈라짐을 발생시켜 상기 절단예정라인을 따라서 상기 반도체 웨이퍼를 절단하는 공정

을 구비하는 것을 특징으로 하는 절단방법.

청구항 2

제 1항에 있어서,

상기 절단예정라인을 설정하는 공정을 구비하는 것을 특징으로 하는 절단방법.

청구항 3

삭제

청구항 4

삭제

청구항 5

제 1항 또는 제 2항에 있어서,

상기 펄스 레이저 광의 펄스 폭은 500nsec 이하인 것을 특징으로 하는 절단방법.

청구항 6

제 1항 또는 제 2항에 있어서,

상기 펄스 레이저 광의 펄스 폭은 $1.00\sim7.00\mu\text{m}$ 인 것을 특징으로 하는 절단방법.

청구항 7

삭제

청구항 8

삭제

청구항 9

제 1항 또는 제 2항에 있어서,

상기 반도체 웨이퍼의 주면에는 기능소자가 형성되어 있고, 상기 펄스 레이저 광은 상기 주면의 반대측의 면으로부터 입사시키며, 상기 미소공동은 상기 주면과 상기 용융처리영역의 사이에 형성되는 것을 특징으로 하는 절단방법.

청구항 10

제 1항 또는 제 2항에 있어서,

상기 미소공동은 상기 용융처리영역을 사이에 두고, 상기 펄스 레이저 광의 입사측과는 반대측에 형성되는 것을

특징으로 하는 절단방법.

청구항 11

삭제

청구항 12

삭제

청구항 13

삭제

청구항 14

삭제

청구항 15

삭제

청구항 16

삭제

청구항 17

삭제

청구항 18

삭제

청구항 19

삭제

청구항 20

삭제

청구항 21

삭제

청구항 22

삭제

청구항 23

삭제

청구항 24

삭제

청구항 25

삭제

청구항 26

삭제

청구항 27

삭제

청구항 28

삭제

청구항 29

삭제

청구항 30

삭제

청구항 31

삭제

청구항 32

삭제

청구항 33

삭제

청구항 34

삭제

청구항 35

제 1항 또는 제 2항에 있어서,

상기 반도체 웨이퍼는 실리콘 웨이퍼인 것을 특징으로 하는 절단방법.

청구항 36

제 9항에 있어서,

상기 반도체 웨이퍼는 실리콘 웨이퍼인 것을 특징으로 하는 절단방법.

청구항 37

삭제

청구항 38

삭제

청구항 39

삭제

청구항 40

삭제

청구항 41

삭제

청구항 42

삭제

청구항 43

삭제

청구항 44

제 1항 또는 제 2항에 있어서,

상기 용융처리영역은 상기 절단예정라인을 따라서 연속적으로 형성되고, 상기 미소공동은 군데군데 형성되는 것을 특징으로 하는 절단방법.

청구항 45

제 35항에 있어서,

상기 용융처리영역은 상기 절단예정라인을 따라서 연속적으로 형성되고, 상기 미소공동은 군데군데 형성되는 것을 특징으로 하는 절단방법.

청구항 46

제 36항에 있어서,

상기 용융처리영역은 상기 절단예정라인을 따라서 연속적으로 형성되고, 상기 미소공동은 군데군데 형성되는 것을 특징으로 하는 절단방법.

청구항 47

삭제

청구항 48

삭제

청구항 49

삭제

청구항 50

삭제

청구항 51

삭제

청구항 52

삭제

청구항 53

삭제

청구항 54

삭제

청구항 55

삭제

청구항 56

삭제

청구항 57

삭제

청구항 58

삭제

청구항 59

삭제

청구항 60

삭제

청구항 61

삭제

청구항 62

삭제

청구항 63

제 9항에 있어서,

상기 반도체 웨이퍼에 붙어 있는 확장(expand) 테이프를 상기 반도체 웨이퍼의 주연(周緣)방향으로 확장하여, 상기 반도체 웨이퍼를 상기 절단예정라인을 따라서 분리하여 절단하는 것을 특징으로 하는 절단방법.

청구항 64

제 35항에 있어서,

상기 반도체 웨이퍼에 붙어 있는 확장(expand) 테이프를 상기 반도체 웨이퍼의 주연(周緣)방향으로 확장하여, 상기 반도체 웨이퍼를 상기 절단예정라인을 따라서 분리하여 절단하는 것을 특징으로 하는 절단방법.

청구항 65

제 44항에 있어서,

상기 반도체 웨이퍼에 붙어 있는 확장(expand) 테이프를 상기 반도체 웨이퍼의 주연(周緣)방향으로 확장하여, 상기 반도체 웨이퍼를 상기 절단예정라인을 따라서 분리하여 절단하는 것을 특징으로 하는 절단방법.

청구항 66

제 45항에 있어서,

상기 반도체 웨이퍼에 붙어 있는 확장(expand) 테이프를 상기 반도체 웨이퍼의 주연(周緣)방향으로 확장하여, 상기 반도체 웨이퍼를 상기 절단예정라인을 따라서 분리하여 절단하는 것을 특징으로 하는 절단방법.

청구항 67

제 46항에 있어서,

상기 반도체 웨이퍼에 붙어 있는 확장(expand) 테이프를 상기 반도체 웨이퍼의 주연(周緣)방향으로 확장하여, 상기 반도체 웨이퍼를 상기 절단예정라인을 따라서 분리하여 절단하는 것을 특징으로 하는 절단방법.

청구항 68

제 63항에 있어서,

상기 확장 테이프는 상기 용융처리영역 및 상기 미소공동을 형성한 후에 상기 반도체 웨이퍼에 붙여지는 것을 특징으로 하는 절단방법.

청구항 69

제 64항에 있어서,

상기 확장 테이프는 상기 용융처리영역 및 상기 미소공동을 형성한 후에 상기 반도체 웨이퍼에 붙여지는 것을 특징으로 하는 절단방법.

청구항 70

제 65항에 있어서,

상기 확장 테이프는 상기 용융처리영역 및 상기 미소공동을 형성한 후에 상기 반도체 웨이퍼에 붙여지는 것을 특징으로 하는 절단방법.

청구항 71

제 66항에 있어서,

상기 확장 테이프는 상기 용융처리영역 및 상기 미소공동을 형성한 후에 상기 반도체 웨이퍼에 붙여지는 것을 특징으로 하는 절단방법.

청구항 72

제 67항에 있어서,

상기 확장 테이프는 상기 용융처리영역 및 상기 미소공동을 형성한 후에 상기 반도체 웨이퍼에 붙여지는 것을 특징으로 하는 절단방법.

청구항 73

제 63항에 있어서,

상기 확장 테이프는 상기 용융처리영역 및 상기 미소공동을 형성하기 전에 상기 반도체 웨이퍼에 붙여지는 것을 특징으로 하는 절단방법.

청구항 74

제 64항에 있어서,

상기 확장 테이프는 상기 용융처리영역 및 상기 미소공동을 형성하기 전에 상기 반도체 웨이퍼에 붙여지는 것을 특징으로 하는 절단방법.

청구항 75

제 65항에 있어서,

상기 확장 테이프는 상기 용융처리영역 및 상기 미소공동을 형성하기 전에 상기 반도체 웨이퍼에 붙여지는 것을 특징으로 하는 절단방법.

청구항 76

제 66항에 있어서,

상기 확장 테이프는 상기 용융처리영역 및 상기 미소공동을 형성하기 전에 상기 반도체 웨이퍼에 붙여지는 것을 특징으로 하는 절단방법.

청구항 77

제 67항에 있어서,

상기 확장 테이프는 상기 용융처리영역 및 상기 미소공동을 형성하기 전에 상기 반도체 웨이퍼에 붙여지는 것을 특징으로 하는 절단방법.

명세서

기술 분야

[0001]

본 발명은, 레이저 가공에 의해서 가공대상물을 절단하는 절단방법에 관한 것이다.

배경기술

[0002]

레이저 가공에 의해서 가공 대상물을 절단하는 방법으로서 아래와 같이 비특허 문헌 1에 기재된 것이 있다. 이 비특허 문헌 1에 기재된 레이저 가공방법은 실리콘 웨이퍼를 절단하는 것으로, 실리콘의 투과하는 $1\mu\text{m}$ 부근의 파장을 사용하고, 웨이퍼 내부에서 집광하여 개질층(改質層)을 연속적으로 형성하며, 그것을 계기로서 절단하는 방법이다.

[0003]

비특허문헌 1 : 아라이 카즈히사(荒井一尚), 「반도체 웨이퍼에 있어서의 레이저 다이싱 가공」, 지립(砥粒)가공 학회지, Vol.47, No.5, 2003 MAY. 229–231.

발명의 상세한 설명

[0004]

상술한 레이저 가공방법으로 가공한 실리콘 웨이퍼를 절단하는 경우에는, 웨이퍼를 굽힐 방향으로 힘을 가하고 내부 균열을 진전시킬 필요가 있다. 따라서 실리콘 웨이퍼의 이면에 붙인 테이프를 실리콘 웨이퍼에 병행하여 떼어놓아 절단하는 방법(익스팬드법)을 채용하면 수율이 나빠진다.

[0005]

여기서 본 발명에서는, 가공 대상물을 용이하게 절단 가능한 절단방법을 제공하는 것을 과제로 한다.

[0006]

본 발명의 절단방법은, 반도체 웨이퍼의 내부에 집광점을 맞추어 상기 집광점의 피크파워밀도가 $1 \times 10^8 (\text{W}/\text{cm}^2)$ 이상의 조건으로 펄스 레이저 광을 조사하고, 상기 펄스 레이저 광을 상기 반도체 웨이퍼의 절단예정라인을 따라서 상대적으로 이동시킴으로써, 상기 절단예정라인을 따라 상기 반도체 웨이퍼의 내부에 용융처리영역을 형성함과 동시에, 상기 반도체 웨이퍼의 내부에 있어 상기 용융처리영역을 사이에 두고 상기 펄스 레이저 광의 입사측과는 반대측에 상기 절단예정라인을 따라서 서로 이격하도록 복수의 미소공동을 형성하는 공정과, 상기 용융처리영역과 상기 미소공동으로 이루어지는 개질영역을 기점으로 하여 갈라짐을 발생시켜 상기 절단예정라인을 따라서 상기 반도체 웨이퍼를 절단하는 공정을 구비한다.

[0007]

본 발명의 절단방법에서는 절단예정라인을 설정하는 공정을 구비하는 것도 바람직하다. 절단예정라인을 설정하는 공정을 구비하므로, 그 설정한 절단예정라인을 따라서 피처리부와 미소공동을 형성할 수 있다.

[0008]

삭제

[0009]

본 발명의 절단방법에서는, 펄스 레이저 광의 펄스 폭은 500nsec 이하인 것이 바람직하다. 펄스 폭이 500nsec 이하의 펄스 레이저 광을 반도체 기판에 조사하므로, 보다 적확하게 미소공동을 형성할 수 있다.

[0010]

삭제

[0011]

삭제

[0012]

삭제

[0013]

또 본 발명의 절단방법에서는, 펄스 레이저 광의 펄스 폭치는 1.00~7.00 μm 인 것도 바람직하다. 펄스 폭치가

1.00~7.00 μm 인 펄스 레이저 광을 반도체 기판에 조사하므로, 보다 적확하게 미소공동을 형성할 수 있다.

[0014] 또 본 발명의 절단방법에서는, 반도체 웨이퍼의 주면에는 기능소자가 형성되어 있고, 펄스 레이저 광은 주면의 반대측의 면으로부터 입사시키며, 미소공동은 주면과 용융처리영역의 사이에 형성되는 것도 바람직하다. 기능소자가 형성된 주면 측에 미소공동이 형성되므로, 기능소자 측의 할단(割斷) 정도를 향상시킬 수 있다.

[0015] 삭제

[0016] 삭제

[0017] 또 본 발명의 절단방법에서는, 미소공동은 용융처리영역을 사이에 두고, 펄스 레이저 광의 입사측과는 반대측에 형성되는 것도 바람직하다.

[0018] 또 본 발명의 절단방법에서는, 반도체 웨이퍼는 실리콘 웨이퍼인 것도 바람직하다.

[0019] 본 발명의 절단방법에서는, 용융처리영역은 절단예정라인을 따라서 연속적으로 형성되고, 미소공동은 군데군데 형성되는 것도 바람직하다.

[0020] 본 발명의 절단방법은, 반도체 웨이퍼에 붙어 있는 확장(expand) 테이프를 반도체 웨이퍼의 주연(周緣)방향으로 확장하여, 반도체 웨이퍼를 절단예정라인을 따라서 분리하여 절단하는 것을 특징으로 한다..

[0021] 본 발명의 절단방법에서, 확장 테이프는 용융처리영역 및 미소공동을 형성한 후에 상기 반도체 웨이퍼에 붙여지는 것도 바람직하다.

[0022] 본 발명의 절단방법에서, 상기 확장 테이프는 상기 용융처리영역 및 상기 미소공동을 형성하기 전에 상기 반도체 웨이퍼에 붙여지는 것도 바람직하다.

[0023] 삭제

[0024] 삭제

[0025] 삭제

[0026] 삭제

[0027] 삭제

[0028] 삭제

[0029] 삭제

[0030] 삭제

[0031] 삭제

[0032] 삭제

[0033] 삭제

[0034] 삭제

[0035] 삭제

[0036] 삭제

[0037] 삭제

[0038] 삭제

[0039] 삭제

[0040] 삭제

[0041] 삭제

[0042] 삭제

[0043] 삭제

[0044] 삭제

[0045] 삭제

[0046] 삭제

[0047] 삭제

[0048] 삭제

[0049] 삭제

실시 예

- [0074] 본 발명의 지견(知見)은, 예시만을 위해서 도시한 첨부 도면을 참조하여 이하의 상세한 기술을 고려함으로써 용이하게 이해할 수 있다. 이어서, 첨부 도면을 참조하면서 본 발명을 실시하기 위한 형태를 설명한다. 가능한 경우에는, 동일한 부분에는 동일한 부호를 교부하여, 중복하는 설명을 생략한다.
- [0075] 본 실시 형태의 레이저 가공방법에 대해 설명한다. 본 실시 형태의 레이저 가공방법은, 다광자 흡수에 의해 피처리부(용융 처리영역)를 형성 함과 동시에, 그 피처리부에 대응하는 소정의 위치에 그 주위가 실질적으로 결정 구조가 변화하고 있지 않은 미소공동을 형성하고 있다. 다광자 흡수는 레이저 광의 강도를 매우 크게 한 경우에 발생하는 현상이다. 우선, 다광자 흡수에 대해 간단하게 설명한다.
- [0076] 재료의 흡수의 밴드 갭 E_g 보다 광자의 에너지 $h\nu$ 가 작으면 광학적으로 투명이 된다. 따라서 재료에 흡수가 발생하는 조건은 $h\nu > E_g$ 이다. 그러나 광학적으로 투명해도, 레이저 광의 강도를 매우 크게 하면 $nh\nu > E_g$ 의 조건 ($n=2, 3, 4, \dots$ 이다)에서 재료에 흡수가 발생한다. 이 현상을 다광자 흡수라고 한다. 펄스파의 경우, 레이저 광의 강도는 레이저 광의 집광점의 피크 파워 밀도(W/cm^2)로 정해지고, 예를 들면 피크 파워 밀도가 $1 \times 10^8 (W/cm^2)$ 이상인 조건에서 다광자 흡수가 발생한다. 피크 파워 밀도는, (집광점에 있어서의 레이저 광의 1 펄스 당 에너지) \div (레이저 광의 빔 스포트 단면적 \times 펄스 폭)에 의해 구해진다. 또 연속파의 경우, 레이저 광의 강도는 레이저 광의 집광점의 전기장 강도(W/cm^2)로 정해진다.
- [0077] 이와 같은 다광자 흡수를 이용하는 본 실시 형태의 레이저 가공방법에 대해 도 1 내지 도 6을 이용하여 설명한다. 도 1은 레이저 가공 중의 가공 대상물(1; 반도체 기판)의 평면도이고, 도 2는 도 1에 나타내는 가공 대상물(1)의 II-II 선에 따른 단면도이며, 도 3은 레이저 가공 후의 가공 대상물(1)의 평면도이고, 도 4는 도 3에 나타내는 가공 대상물(1)의 IV-IV 선에 따른 단면도이며, 도 5는 도 3에 나타내는 가공 대상물(1)의 V-V 선에 따른 단면도이며, 도 6은 절단된 가공 대상물(1)의 평면도이다.
- [0078] 도 1 및 도 2에 나타나는 바와 같이, 가공 대상물(1)의 표면(3)에는 절단예정라인(5)이 있다. 절단예정라인(5)은 직선 형상으로 연장된 가상선이다. 본 실시 형태와 관련되는 레이저 가공방법은, 다광자 흡수가 발생하는 조건에서 가공 대상물(1)의 내부에 집광점(F)을 맞추어 레이저 광(L)을 가공 대상물(1)에 조사하여 피처리부(7)를 형성한다. 또한 집광점이란 레이저 광(L)이 집광(集光)한 개소(箇所)이다.
- [0079] 레이저 광(L)을 절단예정라인(5)에 따라서(즉 화살표 A방향에 따라서) 상대적으로 소정의 피치(P)로 이동시키는 것으로, 집광점(F)을 절단예정라인(5)에 따라서 이동시킨다. 이것에 의해, 도 3~도 5에 나타나는 바와 같이 피처리부(7) 및 미소공동(8)으로부터 이루어지는 개질영역이 절단예정라인(5)에 따라서 가공 대상물(1)의 내부에만 형성된다. 또 피처리부(7) 및 미소공동(8)은, 도 5에 나타나는 바와 같이 레이저 광(L)을 이동시킨 소정의 피치(P)로 형성된다. 이 피치(P)는 레이저 광(L)의 펄스 피치에 상당한다. 가공 대상물(1)의 두께(B)에 대해서, 미소공동(8)은 가공 깊이(C)의 위치에 형성된다. 도 5에 나타나는 바와 같이, 미소공동(8)은 레이저 광(L)의 조사 방향에서 보면 피처리부(7)와는 반대 측에 형성된다. 도 5에 대해서는, 피처리부(7)와 미소공동(8)과는 소정의 간격이 비어 있지만, 피처리부(7)와 미소공동(8)이 연속하여 형성되는 경우도 있다. 본 실시 형태와 관련되는 레이저 가공방법은, 가공 대상물(1)이 레이저 광(L)을 흡수함으로써 가공 대상물(1)을 발열시켜 피처리부(7)를 형성하는 것은 아니다. 가공 대상물(1)에 레이저 광(L)을 투과시키고 가공 대상물(1)의 내부에 다광자 흡수를 발생시켜 피처리부(7)를 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 용융하지는 않는다.
- [0080] 가공 대상물(1)의 절단에 대해서는 상술한 바와 같이 가공 대상물(1)에 피처리부(7) 및 미소공동(8)을 형성하여 가공 처리물로 하고, 예를 들면 가공 대상물(1)의 이면에 테이프를 붙여서, 그 테이프를 가공 대상물(1)의 절단 예정라인(5)에 수직인 방향으로 떼어 놓아 절단할 수 있다(도 6 참조). 또 절단하는 개소에 기점이 있으면 가공 대상물(1)은 그 기점으로부터 갈라지므로, 도 6에 나타나는 바와 같이 비교적 작은 힘으로 가공 대상물(1)을 절단할 수 있다. 따라서 가공 대상물(1)의 표면(3)에 불필요한 갈라짐, 즉 절단예정라인을 크게 빗나가는 균열을 발생시키지 않고 가공 대상물(1)의 절단이 가능하게 된다.
- [0081] 본 실시 형태에 있어서 다광자 흡수에 의해 형성되는 피처리부의 하나의 예로서 용융 처리영역이 있다. 이 경우에는, 레이저 광을 가공 대상물(예를 들면 실리콘 웨이퍼와 같은 반도체 재료)의 내부에 집광점을 맞추어, 집광점에 있어서의 전기장 강도가 $1 \times 10^8 (W/cm^2)$ 이상이고, 동시에 펄스 폭이 $1\mu s$ 이하인 조건에서 조사한다. 이것에

의해 가공 대상물의 내부는 다광자 흡수에 의해서 국소적으로 가열된다. 이 가열에 의해 가공 대상물의 내부에 용융 처리영역이 형성된다.

[0082] 용융 처리영역이란 일단 용융 후 다시 고체화한 영역, 용융 상태 중인 영역 및 용융에서 다시 고체화하는 상태 중의 영역 중 적어도 어느쪽이든 하나를 의미한다. 또 용융 처리영역은 상변화한 영역이나 결정 구조가 변화한 영역이라고 할 수도 있다. 또 용융 처리영역이란, 단결정 구조, 비정질 구조, 다결정 구조에 있어서, 어느 구조가 다른 구조로 변화한 영역이라고 할 수도 있다.

[0083] 즉 예를 들면, 단결정 구조로부터 비정질 구조로 변화한 영역, 단결정 구조로부터 다결정 구조로 변화한 영역, 단결정 구조로부터 비정질 구조 및 다결정 구조를 포함한 구조로 변화한 영역을 의미한다. 가공 대상물이 실리콘 단결정 구조인 경우, 용융 처리영역은 예를 들면 비정질 실리콘 구조이다. 또한 전기장 강도의 상한치로서는, 예를 들면 $1 \times 10^{12} (\text{W/cm}^2)$ 이다. 펄스 폭은 예를 들면 1ns~200ns가 바람직하다.

[0084] 한편, 본 실시 형태에 있어서 형성되는 미소공동은, 그 주위가 실질적으로 결정 구조가 변화하고 있지 않는 것이다. 가공 대상물이 실리콘 단결정 구조인 경우에는, 미소공동의 주위는 실리콘 단결정 구조인 채의 부분이 많다.

[0085] 계속해서, 본 실시 형태의 레이저 가공방법의 구체적인 예에 대하여 설명한다. 도 7은 본 발명의 실시 형태인 레이저 가공방법에 이용하는 레이저 가공장치(100)를 나타낸다. 도 7에 나타나는 레이저 가공장치(100)는, 레이저 광(L)을 발생하는 레이저 광원(101)과, 레이저 광(L)의 출력이나 펄스 폭 등을 조절하기 위해서 레이저 광원(101)을 제어하는 레이저 광원 제어부(102)와, 레이저 광(L)의 반사 기능을 가지며, 또한 레이저 광(L)의 광축의 방향을 90도 바꾸도록 배치된 다이크로익(dichroic) 미러(103)와, 다이크로익 미러(103)에서 반사된 레이저 광(L)을 집광하는 집광용 렌즈(105)와, 집광용 렌즈(105)에서 집광된 레이저 광(L)이 조사되는 가공 대상물(1)이 재치(載置)되는 재치대(107)와, 재치대(107)를 X축 방향으로 이동시키기 위한 X축 스테이지(109; 제어수단)와, 재치대(107)를 X축 방향으로 직교하는 Y축 방향으로 이동시키기 위한 Y축 스테이지(111; 제어수단)와, 재치대(107)를 X축 및 Y축 방향으로 직교하는 Z축 방향으로 이동시키기 위한 Z축 스테이지(113; 제어수단)와, 이것들 세 개의 스테이지(109, 111, 113)의 이동을 제어하는 스테이지 제어부(115; 제어수단)를 구비한다. 또 도시하고 있지 않지만, 레이저 광원(101)과 집광용 렌즈(105)의 사이에는, 레이저 광의 가우시안 분포를 펼치기 위한 광학계가 배치되어 있다. 본 실시 형태의 경우는 가공 대상물(1)은 실리콘 웨이퍼이기 때문에, 가공 대상물(1)의 이면에는 익스팬드 테이프(106)를 붙일 수 있다.

[0086] Z축 방향은 가공 대상물(1)의 표면(3)과 직교하는 방향이므로, 가공 대상물(1)에 입사하는 레이저 광(L)의 초점 심도(深度)의 방향이 된다. 따라서 Z축 스테이지(113)를 Z축 방향으로 이동시키는 것으로, 가공 대상물(1)의 내부에 레이저 광(L)의 집광점(F)을 맞출 수 있다. 또, 이 집광점(F)의 X(Y)축 방향의 이동은, 가공 대상물(1)을 X(Y)축 스테이지(109(111))에 의하여 X(Y)축 방향으로 이동시키는 것으로 실시한다. X(Y)축 스테이지(109(111))가 이동 수단의 일례가 된다.

[0087] 레이저 광원(101)은 펄스 레이저 광을 발생하는 Nd : YAG 레이저이다. 레이저 광원(101)에 이용할 수 있는 레이저로서, 이 외에, Nd : YVO₄ 레이저, Nd : YLF 레이저나 티탄 사파이어 레이저가 있다. 피처리부가 용융 처리영역인 것을 형성하는 경우, Nd : YAG 레이저, Nd : YVO₄ 레이저, Nd : YLF 레이저를 이용하는 것이 매우 적합하다. 개질영역이 굴절률 변화 영역인 것을 형성하는 경우, 티탄 사파이어 레이저를 이용하는 것이 매우 적합하다.

[0088] 가공 대상물(1)의 가공에 펄스 레이저 광을 이용하고 있지만, 다광자 흡수를 발생시킬 수 있다면 연속파 레이저 광이라도 좋다. 또한 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 이동시키는 것에 의해서, 레이저 광의 집광점을 가공 대상물의 내부에 맞출 수 있다.

[0089] 레이저 가공장치(100)는 더욱, 재치대(107)에 재치된 가공 대상물(1)을 가시광선에 의해 조명하기 위해서 가시광선을 발생하는 관찰용 광원(117)과, 다이크로익 미러(103) 및 집광용 렌즈(105)와 같은 광축 상에 배치된 가시광선 용의 빔 분할기(119; splitter)를 구비한다. 빔 분할기(119)와 집광용 렌즈(105)의 사이에 다이크로익 미러(103)가 배치되어 있다. 빔 분할기(119)는, 가시광선의 약 반을 반사하고 나머지의 반을 투과하는 기능을 가지며, 또한 가시광선의 광축의 방향을 90도 바꾸도록 배치되어 있다. 관찰용 광원(117)으로부터 발생한 가시광선은 빔 분할기(119)에서 약 반이 반사되고, 이 반사된 가시광선이 다이크로익 미러(103) 및 집광용 렌즈

(105)를 투과 하며, 가공 대상물(1)의 절단예정라인(5) 등을 포함하는 표면(3)을 조명 한다.

[0090] 레이저 가공장치(100)는 더욱, 빔 분할기(119), 다이크로익 미러(103) 및 집광용 렌즈(105)와 같은 광축 상에 배치된 활상 소자(121) 및 결상 렌즈(123)를 구비한다. 활상 소자(121)로서는 예를 들면 CCD(charge-coupled device) 카메라가 있다. 절단예정라인(5) 등을 포함하는 표면(3)을 조명한 가시광선의 반사광은, 집광용 렌즈(105), 다이크로익 미러(103), 빔 분할기(119)를 투과하고, 결상 렌즈(123)에서 결상되어 활상 소자(121)로 활상되며, 활상 데이터가 된다.

[0091] 레이저 가공장치(100)는 더욱, 활상 소자(121)로부터 출력된 활상 데이터가 입력되는 활상 데이터 처리부(125)와, 레이저 가공장치(100) 전체를 제어하는 전체 제어부(127)와, 모니터(129)를 구비한다. 활상 데이터 처리부(125)는, 활상 데이터를 기본으로 하여 관찰용 광원(117)에서 발생한 가시광선의 초점을 표면(3) 상에 맞추기 위한 초점 데이터를 연산한다. 이 초점 데이터를 기본으로 하여 스테이지 제어부(115)가 Z축 스테이지(113)를 이동 제어하는 것으로써, 가시광선의 초점이 표면(3)에 맞도록 한다. 따라서 활상 데이터 처리부(125)는 오토 포커스 유닛으로서 기능한다. 또 활상 데이터 처리부(125)는 활상 데이터를 기본으로 하여 표면(3)의 확대 화상 등의 화상 데이터를 연산한다. 이 화상 데이터는 전체 제어부(127)에 보내지고, 전체 제어부에서 각종 처리가 이루어지며, 모니터(129)에 보내진다. 이것에 의해, 모니터(129)에 확대 화상 등이 표시된다.

[0092] 전체 제어부(127)에는, 스테이지 제어부(115)로부터의 데이터, 활상 데이터 처리부(125)로부터의 화상 데이터 등이 입력되고, 이러한 데이터도 기본으로 하여 레이저 광원 제어부(102), 관찰용 광원(117) 및 스테이지 제어부(115)를 제어하는 것으로써, 레이저 가공장치(100) 전체를 제어한다. 따라서 전체 제어부(127)는 컴퓨터 유닛으로서 기능한다.

[0093] 계속해서, 도 7 및 도 8을 이용하여, 본 실시 형태에 관련되는 레이저 가공방법을 구체적으로 설명한다. 도 8은 이 레이저 가공방법을 설명하기 위한 플로우 차트(flow chart)이다. 가공 대상물(1)은 실리콘 웨이퍼이다.

[0094] 우선, 가공 대상물(1)의 광흡수 특성을 도시하지 않는 분광 광도계 등에 의해 측정한다. 이 측정 결과에 근거하여, 가공 대상물(1)에 대해서 투명한 파장 또는 흡수가 적은 파장의 레이저 광(L)을 발생하는 레이저 광원(101)을 선정한다(S101). 다음에, 가공 대상물(1)의 두께를 측정한다. 두께의 측정 결과 및 가공 대상물(1)의 굴절률을 기본으로 하여, 가공 대상물(1)의 Z축 방향의 이동량을 결정한다(S103). 이것은, 레이저 광(L)의 집광점(F)을 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.

[0095] 가공 대상물(1)을 레이저 가공장치(100)의 재치대(107)에 재치한다. 그리고 관찰용 광원(117)으로부터 가시광선을 발생시켜 가공 대상물(1)을 조명한다(S105). 조명된 절단예정라인(5)을 포함하는 가공 대상물(1)의 표면(3)을 활상 소자(121)에 의해 활상한다. 이 활상 데이터는 활상 데이터 처리부(125)로 보내진다. 이 활상 데이터에 근거하여 활상 데이터 처리부(125)는 관찰용 광원(117)의 가시광선의 초점이 표면(3)에 위치하도록 하는 초점 데이터를 연산한다(S107).

[0096] 이 초점 데이터는 스테이지 제어부(115)로 보내진다. 스테이지 제어부(115)는, 이 초점 데이터를 기본으로 하여 Z축 스테이지(113)를 Z축 방향으로 이동시킨다(S109). 이것에 의해, 관찰용 광원(117)의 가시광선의 초점이 표면(3)에 위치한다. 또한 활상 데이터 처리부(125)는 활상 데이터에 근거하여, 절단예정라인(5)을 포함하는 가공 대상물(1)의 표면(3)의 확대 화상 데이터를 연산한다. 이 확대 화상 데이터는 전체 제어부(127)를 개입시켜 모니터(129)에 보내지고, 이것에 의해 모니터(129)에 절단예정라인(5) 부근의 확대 화상이 표시된다.

[0097] 전체 제어부(127)에는 미리 스텝(S103)에서 결정된 이동량 데이터가 입력되고 있고, 이 이동량 데이터가 스테이지 제어부(115)에 보내진다. 스테이지 제어부(115)는 이 이동량 데이터에 근거하여, 레이저 광(L)의 집광점(F)이 가공 대상물(1)의 내부가 되는 위치에, Z축 스테이지(113)에 의해 가공 대상물(1)을 Z축 방향으로 이동시킨다(S111).

[0098] 계속하여, 가공 대상물(1)의 표면(3)에 절단예정라인(5)을 설정한다. 절단예정라인(5)의 설정은, 가공 대상물(1)을 소망한 위치에서 절단하기 위한 레이저 스캔 위치를 설정하는 것이다. 절단예정라인(5)의 설정은, 설계 데이터 등으로 미리 알고 있는 다이싱 스트리트(절단예정라인)의 위치 정보를 이용해도 좋고, 표면을 관찰하거나 표면 정보를 계측하기도 하여 설정해도 좋다. 즉 절단예정라인의 설정이란, 가공 대상물의 소망한 위치에 레이저 광을 조사하도록 레이저 가공장치가 제어되도록 하는 것이다. 다음에, 레이저 광원(101)로부터 레이저 광(L)을 발생시키고, 레이저 광(L)을 가공 대상물(1)의 표면(3)의 절단예정라인(5)에 조사한다. 레이저 광(L)의 집광점(F)은 가공 대상물(1)의 내부에 위치하고 있으므로, 개질영역으로서의 용융 처리영역은 가공 대상물(1)의

내부에만 형성된다. 그리고 절단예정라인(5)에 따르도록 X축 스테이지(109)나 Y축 스테이지(111)를 소정의 피치(P)로 이동시키고, 용융 처리영역을 소정의 피치(P)로 절단예정라인(5)에 따르도록 가공 대상물(1)의 내부에 형성한다. 이와 같이 용융 처리영역을 형성하면, 각각 대응하도록 미소공동이 형성된다(S113). 그리고 가공 대상물(1)의 이면에 붙어 있는 확장 테이프(106)를 웨이퍼의 주연(周緣) 방향으로 확장하고, 가공 대상물(1)을 절단 예정라인(5)에 따라서 분리하여 절단 한다(S115). 이것에 의해, 가공 대상물(1)을 실리콘 칩(가공 생산물)으로 분할한다.

[0099] 또한 반도체 기판인 실리콘 웨이퍼는, 절단예정라인을 따라 형성되는 용융 처리영역과 미소공동으로 이루어지는 개질영역으로써 형성되는 절단 예정부를 기점으로서 단면 방향을 향하여 균열을 발생시키고, 그 균열이 실리콘 웨이퍼의 표면과 이면에 도달하는 것으로써, 결과적으로 절단된다. 실리콘 웨이퍼의 표면과 이면에 도달하는 이 균열은 자연스럽게 성장하는 경우도 있고, 실리콘 웨이퍼에 힘이 인가되는 것으로 성장하는 경우도 있다. 또한 절단 예정부로부터 실리콘 웨이퍼의 표면과 이면에 균열이 자연스럽게 성장하는 경우에는, 절단 예정부를 형성하는 개질영역의 용융 처리영역이 용융하고 있는 상태로부터 균열이 성장하는 경우나, 절단 예정부를 형성하는 용융 처리영역이 용융하고 있는 상태로부터 다시 고화할 때에 균열이 성장하는 경우나, 용융 처리영역과 미소공동에 의해 할단면에 발생하는 응력 분포에 의한 비틀어짐(歪)에 의해 균열이 성장하는 경우의 어느 경우도 있다. 다만, 어느 경우도 용융 처리영역 혹은 미소공동은 실리콘 웨이퍼의 내부에만 형성되고, 절단 후의 절단면에는, 내부에만 용융 처리영역이 형성되어 있다. 반도체 기판의 내부에 용융 처리영역과 미소공동을 가진 채로 절단 예정부를 형성하면, 할단시, 절단 예정부 라인에서 빗나간 불필요한 균열이 발생하기 어렵기 때문에, 할단 제어가 용이하게 된다. 또 미소공동을 형성하는 것으로써, 용융 처리영역 혹은 용융 처리영역과 미소공동의 사이에 응력 분포를 일으키는 것으로, 보다 용이하게 할단할 수 있다.

[0100] 이 레이저 가공방법에 따라 절단한 실리콘 웨이퍼의 절단면 사진을 도 9 및 도 10에 나타낸다. 도 9 및 도 10에 나타내는 절단면 사진은 동일한 절단면의 사진을 다른 축척으로 나타낸 것이다. 도 9 및 도 10에 나타나는 절단면을 형성했을 때의 상세 조건은 이하와 같다.

[0101] (A) 가공 대상물 : 실리콘 웨이퍼(두께 $100\mu\text{m}$)

[0102] (B) 레이저

[0103] 광원 : 반도체 레이저 여기(勵起) Nd : YAG 레이저

[0104] 파장 : 1064 nm

[0105] 빔 지름 : 3.99 mm

[0106] 확대각 2.34 mrad

[0107] 반복 주파수 : 40 kHz

[0108] 펄스 폭 : 200 nsec

[0109] 펄스 피치 : $7\mu\text{m}$

[0110] 가공 깊이 : $13\mu\text{m}$

[0111] 펄스 에너지 : $20\mu\text{J} / \text{펄스}$

[0112] (C) 집광용 렌즈

[0113] NA : 0.8

[0114] (D) 가공 대상물이 재치되는 재치대의 이동 속도 : 280 mm/sec

[0115] 도 9 및 도 10에 나타내는 절단면의 용융 처리영역(13; 피처리부)은, 실리콘 웨이퍼의 두께 방향(도면에서 상하 방향)의 폭이 $13\mu\text{m}$ 정도이고, 레이저를 이동하는 방향(도면에서 좌우 방향)의 폭이 $3\mu\text{m}$ 정도이다. 또 미소공동(8)은, 실리콘 웨이퍼의 두께 방향(도면에서 상하 방향)의 폭이 $7\mu\text{m}$ 정도이고, 레이저를 이동하는 방향(도면에서 좌우 방향)의 폭이 $1.3\mu\text{m}$ 정도이다. 용융 처리영역(13)과 미소공동(8)의 사이는 $1.2\mu\text{m}$ 정도이다. 도 9 및 도 10에 나타내는 절단면 전체를 나타내는 사진을 도 11에 나타낸다.

[0116] 계속하여, 도 9 및 도 10에 나타내는 절단면을 라만(Raman) 분석한 결과를 설명한다. 측정 장치와 측정 방법은 이하와 같다.

- [0117] (1) 장치 : Ramanor U-1000(Jobin Yvon)(II)
- [0118] (2) 측정 모드 : 마이크로 프로브 현미경(Olympus BH-2형)
- [0119] Beam Splitter : 조사계, R=25%
- [0120] 집광계, R=100%
- [0121] 대물렌즈 : $\times 90$ (장초점)
- [0122] (3) 광원 : Ar⁺ 레이저 457.9 nm
- [0123] (4) 편광 : 입사광 P, 산란광 S+P
- [0124] (5) 분광기 : U-1000(회절 격자 Plane Holographic 1800gr/mm)
- [0125] (6) 검출기 : CCD Jobin Yvon
- [0126] 이 라만 분석을, 용융 처리영역(13)의 근방의 측정 위치 1, 미소공동(8) 근방의 측정 위치 2, 용융 처리영역(13) 및 미소공동(8) 사이의 측정 위치 3, 용융 처리영역(13)의 윗쪽의 측정 위치 4에 있어서 실시하였다.
- [0127] (아몰퍼스(amorphous) Si의 평가)
- [0128] 어느 위치에서도 아몰퍼스 Si 유래(由來)의 라만선은 명확하게 관측되지 않았다. 아몰퍼스(amorphous) Si가 존재하지 않는지, 또는 존재량이 검출 한계 이하일 가능성이 고려된다.
- [0129] (결정성의 평가)
- [0130] 측정 위치 2, 3, 4의 스펙트럼의 반폭 값은, 동일한 정도이다. 또, 기준(reference) Si(110)와 비교해도 동일한 정도인 것에서, 측정 위치 2, 3, 4는, 모두 결정성이 높은 단결정 Si라고 생각된다. 한편, 측정 위치 1에서는, 브로드(broad)한 라만선이 관측되었다. 측정 위치 1에 관해서는, 다결정 Si일 가능성이 고려된다.
- [0131] (응력의 평가)
- [0132] 측정 위치 1에서는, 꽤 큰 압축 응력이 생기고 있을 가능성이 고려된다. 또, 측정 위치 3에서는, 압축 응력이 발생하고 있을 가능성이 고려된다. 측정 위치 2 및 4에서는, 검출 한계 정도의 근소한 응력이 생기고 있는 것이라고 생각된다.
- [0133] 여기서, 6 인치의 크기로 두께가 100 μm 의 실리콘 웨이퍼를 이용하여, 오리엔테이션 플랫에 대하여 병행 및 수직 방향으로 5 mm 편치로 개질영역을 형성하고, 복수의 5 mm \times 5 mm의 칩으로 분할되도록 펄스 편치와 가공 깊이를 변화시켜서, 익스팬더(expander) 분리한 경우의 절단성에 대하여 평가한 결과를 도 12를 이용해 설명한다.
- [0134] 이 평가는, 펄스 편치를 고정하여 가공 깊이(미소공동을 생기는 위치의 깊이)를, 두께 100 μm 웨이퍼에 있어서, 45 μm ~90 μm 까지 변화시켰을 때의 표면 상태와 절단성을 평가한 것이다. 도 12 중에서, 「HC, 山(산)」이라는 것은 「하프 컷, 희미한 산」라고 하는 의미이며, 실리콘 웨이퍼의 레이저 입사측의 표면에 균열 등이 보이는 것을 나타내고 있다. 「ST, 谷(골짜기)」이라는 것은 「스텔스, 희미한 골짜기」라고 하는 의미이며, 레이저 입사측과는 반대측의 표면에 균열 등이 보이는 것을 나타내고 있다. 「ST」라는 것은, 「스텔스」의 의미이며, 어느 표면에도 균열 등을 확인할 수 없는 것을 나타낸다. 또, 0표(○)는 실리콘 웨이퍼의 이면에 붙여 있는 테이프를 이끌어 익스팬더 분리한 경우에 모든 수를 절단할 수 있던 것을 나타내고, 삼각형 표(△)는 모든 수를 절단할 수 없었던 것을 나타낸다.
- [0135] 도 12에 의하면, 펄스 편치는 4.00 μm 근방이 매우 적합하다고 하는 것을 알게 된다. 또, 가공 깊이(미소공동이 발생하는 위치의 깊이)는 깊은 것이 바람직하다. 펄스 편치는 별로 넓히지 않는 것이 바람직하다. 이것들을 종합적으로 평가하면, 펄스 편치는 1.00 μm ~7.00 μm 인 것이 바람직하고, 3.00 μm ~5.00 μm 인 것이 바람직하다. 또, 가공 깊이(미소공동이 발생하는 위치의 깊이)는, 두께 100 μm 웨이퍼에 있어서, 45 μm ~90 μm 인 것이 바람직하고, 65 μm ~85 μm 인 것이 바람직하다.
- [0136] 예를 들면, 실리콘 웨이퍼가 300 μm 이 된 두꺼운 것인 경우에는, 상술한 레이저 가공 공정을, 가공 깊이를 바꾸어 수회 반복하여 실시하는 것이 바람직하고, 적어도 일단이 용융 처리영역과 미소공동의 조합이 되는 것이 바람직하다.
- [0137] 두꺼운 실리콘 웨이퍼에 대해서 레이저 가공을 수회 실시한 단면 사진의 예를, 도 13 및 도 14에 나타낸다. 도

13에 나타나는 단면 사진의 경우는, 실리콘 웨이퍼(2)의 이면(21)으로부터 표면(20)을 향하여 수회의 레이저 가공을 실시하고 있다. 그 결과, 개질영역(201~206)이 형성되어 있다. 개질영역(203)에 대응하는 부분은, 근접한 부분에서 복수회의 레이저 가공을 실시하고 있기 때문에 미소공동을 시각적으로 인식할 수 없는 상태가 되어 있다. 그 외의 개질영역(201, 202, 204, 205, 206)에 있어서 미소공동이 형성되어 있다. 미소공동을 형성하는 것으로, 용융 처리영역 혹은 용융 처리영역과 미소공동의 사이에 응력 분포가 발생하고, 보다 용이하게 할단할 수 있다. 또, 외부로부터 힘을 인가한 경우에 미소공동도 할단의 기점이 되기 쉽다. 그리고 내부에 개질영역을 형성한 반도체 기판을 고정한 테이프를 확장하는 것으로 반도체 기판의 할단?분리를 실시하려면, 용이하게 할단 가능한 조건이 필요하고, 미소공동의 형성에 의해 그 조건이 실현될 수 있다. 이상과 같이 용융 처리영역과 함께 미소공동을 형성하는 것은, 테이프의 확장에 의해 내부에 개질영역을 형성한 반도체 기판을 할단?분리하는 경우에 특히 유효하다.

[0138] 도 14에 나타내는 단면 사진은, 도 13과 동일한 레이저 가공을 실시한 실리콘 웨이퍼(2a)를 나타내고 있다. 도 14에 나타내는 실리콘 웨이퍼(2a)의 모식도를 도 15에 나타낸다. 실리콘 웨이퍼(2a)에는 개질영역(211 및 212)이 형성되어 있다. 개질영역(211)은, 용융 처리영역(211a) 및 미소공동(211b)을 가지고 있다. 개질영역(212)은, 용융 처리영역(212a) 및 미소공동(212b)을 가지고 있다. 미소공동(212b)은, 한결같이 공동이 형성되어 있다. 한편, 미소공동(211b)에는, 공동이 형성되어 있지 않은 영역(211c)이 있다. 미소공동은 레이저 입사면의 표면 상태(요철 혹은 레이저 광의 투과율의 차이)에 의해, 형성되기 어려운 부분이 발생한다. 이와 같은 경우, 도 14와 같이 용융 처리영역(211a)은 절단예정라인을 따라 연속적으로 형성되어 있지만, 미소공동(212b)은 군데군데 형성되고 있다. 이와 같은 경우에서도, 미소공동이 있는 것에 의하여 할단하기 용이하게 되어 있다. 이것은 용융 처리영역(211a)이 거의 연속적으로 형성되어 있는 것으로, 절단의 기점이 되는 영역은 절단예정라인 거의 모두에 형성되어 있다. 그리고 절단예정라인 모두에 미소공동(212b)이 형성되어 있지 않아도, 보다 할단하기 쉽도록 하기 위한 미소공동(212b)이 있는 것에 의해, 할단시에는 용융 처리영역과 미소공동이 있는 영역의 균열의 진전이 용융 처리영역만의 영역에 대해서도 할단하기 쉽게 작용하고 있는 것이라고 생각된다. 요점은, 가공 대상물(반도체 기판)의 내부에 피처리부(용융 처리영역)가 절단예정라인을 따라 형성되는 피처리 영역(제 1의 존)과, 미소공동이 절단예정라인을 따라 형성되는 미소공동 영역(제 2의 존)이 형성되는 것에 의해, 이것들을 절단의 기점으로서 가공 대상물(반도체 기판)을 용이하게 할단하는 것이 가능하게 된다. 그리고 이러한 영역은 절단예정라인 전체에 형성되지 않아도(절단예정라인의 군데군데에 존재하는 경우에서도), 미소공동이 있는 것에 의하여 할단하기 용이하게 되어 있다. 더욱, GaAs 등과 같이 벽개성(劈開性)이 양호한 반도체 기판의 경우, 절단예정라인 전체에 개질영역을 형성할 필요는 없고, 절단예정라인의 일부분에 개질영역을 형성하여도 좋다. 또 할단정도를 올리고 싶은 부분에만 개질영역을 형성해도 좋다.

[0139] 본 실시 형태에 있어서는, 실리콘 웨이퍼의 표면에 패턴이 형성되어 있는 경우에는, 패턴이 형성되어 있는 면의 반대측의 면으로부터 레이저 광을 입사시키는 것이 바람직하다. 미소공동측의 할단면은 용융 처리영역측의 할단면에 비하여 할단면이 흠이 없게 되는 경향이 되므로, 패턴 형성면측에 미소공동을 형성하면 양품률(良品率)이 보다 향상된다. 보다 구체적으로는, 도 18에 나타내는 바와 같이, 표면에 전자 회로나 반도체 발광부 등의 광디바이스 혹은 MEMS와 같은 미소 전기기계 시스템 등의 기능소자(181; 기능 디바이스)를 형성한 실리콘 웨이퍼(180)에 있어서, 기능소자(181)가 형성되어 있는 측에 미소공동(182)을 형성하는 것으로써, 기능소자(181)측의 할단 정도를 보다 향상시킬 수 있다. 따라서 양품률을 향상시키는 것이 가능하게 되고, 생산 효율을 향상시킬 수 있다. 또 내부에 개질영역을 형성한 반도체 기판을 고정한 테이프를 확장함으로써 반도체 기판의 할단?분리를 실시하려면, 용이하게 할단할 수 있는 조건이 필요하지만, 미소공동에 의해 그 조건이 실현 가능하다. 용융 처리영역과 함께 미소공동을 형성하는 것은, 테이프의 확장에 의해 내부에 개질층을 형성한 반도체 기판을 할단?분리하는 경우에 유효하다. 도 18에 나타내는 실리콘 웨이퍼(180)를 할단?분리하는 경우에는, 도 19에 나타내는 바와 같이 실리콘 웨이퍼(180)를 테이프(183)에 고정한다. 그 후, 도 20에 나타내는 바와 같이 테이프(183)를 확장하여 실리콘 웨이퍼(180)를 할단?분리한다. 더욱, 할단?분리 공정으로서 반도체 기판의 내부에 개질영역을 형성한 후에 테이프(익스팬드 테이프, 다이싱 필름)를 붙여 확장하는 경우도, 반도체 기판에 테이프를 붙이고 나서, 반도체 기판의 내부에 개질영역을 형성하고 나서, 테이프를 확장하는 경우의 어느 경우라도 가능하다.

[0140] 렌즈 구경에 대해서 가우시안 분포를 펼쳐 렌즈 입사 빔을 톱 하트와 같이 사용하는 것이 바람직하다(NA가 큰 광선의 에너지를 높게 하는 것이 바람직하다.). NA는 0.5~1.0인 것이 바람직하다.

[0141] 펄스폭은 500nsec 이하인 것이 바람직하다. 보다 바람직하게는 10 nsec~500 nsec이다. 보다 바람직하게는 10 nsec~300 nsec이다. 또, 보다 바람직하게는 100 nsec~200 nsec이다.

- [0142] 용융 처리영역 및 미소공동이 페어(pair)로, 각각의 깊이가 두께에 대해서 소정의 관계에 있다고 생각된다. 특히, NA에 따라 용융 처리영역과 미소공동이 소정의 관계에 있으면 좋다.
- [0143] 절단 방향은, 오리엔테이션 플랫(오리들래)에 대해서 병행, 수직이라면 바람직하다. 결정 방향에 따라서 용융 처리영역을 형성해 나가는 것이 바람직하다.
- [0144] 본 실시 형태에 있어서는, 가공 대상물로서 실리콘제의 반도체 웨이퍼를 이용하고 있지만, 반도체 웨이퍼의 재료는 이것에 한정되는 것은 아니다. 예를 들면, 실리콘 이외의 IV족 원소 반도체, SiC와 같은 IV족 원소를 포함하는 화합물 반도체, III-V족 원소를 포함하는 화합물 반도체, II-VI족 원소를 포함하는 화합물 반도체, 더욱 여러 가지의 도펜트(dopant; 불순물)를 도핑한 반도체를 포함한다.
- [0145] 본 실시 형태의 효과를 설명한다. 이것에 의하면, 다광자 흡수를 일으키게 하는 조건에서 한편 가공 대상물(1)의 내부에 집광점(F)을 맞추어, 펄스 레이저 광(L)을 절단예정라인(5)에 조사하고 있다. 그리고 X축 스테이지(109) 혹은 Y축 스테이지(111)를 이동시키는 것으로, 집광점(F)을 절단예정라인(5)에 따라서 소정의 피치(P)로 이동시키고 있다. 이것에 의해, 피처리부를 절단예정라인(5)에 따르도록 가공 대상물(1)의 내부에 형성함과 동시에, 미소공동을 형성하고 있다. 이것에 의해, 가공 대상물(1)의 표면(3)에 절단예정라인(5)으로부터 빗나간 불필요한 균열을 발생시키지 않고, 가공 대상물(1)을 절단할 수 있다.
- [0146] 또, 가공 대상물(1)에 다광자 흡수를 일으키게 하는 조건에서 한편 가공 대상물(1)의 내부에 집광점(F)을 맞추어, 펄스 레이저 광(L)을 절단예정라인(5)에 조사하고 있다. 따라서 펄스 레이저 광(L)은 가공 대상물(1)을 투과하고, 가공 대상물(1)의 표면(3)에서는 펄스 레이저 광(L)이 거의 흡수되지 않기 때문에, 개질영역 형성을 원인으로 표면(3)이 용융 등의 데미지를 받지 않는다.
- [0147] 이상 설명한 바와 같이, 가공 대상물(1)의 표면(3)에 절단예정라인(5)으로부터 빗나간 불필요한 균열이나 용융이 발생하지 않고, 가공 대상물(1)을 절단할 수 있다. 따라서 가공 대상물(1)이 예를 들면 반도체 웨이퍼의 경우, 반도체 칩에 절단예정라인으로부터 빗나간 불필요한 균열 혹은 용융이 생기지 않고, 반도체 칩을 반도체 웨이퍼로부터 자를 수 있다. 표면에 전극 패턴이 형성되어 있는 가공 대상물 또는, 압전 소자 웨이퍼 혹은 액정 등의 표시장치가 형성된 유리 기판과 같이 표면에 전자 디바이스가 형성되어 있는 가공 대상물에 대해서도 동일하다. 따라서 가공 대상물을 절단함으로써 제작되는 제품(예를 들면 반도체 칩, 압전 디바이스 칩, 액정 등의 표시장치)의 제품 수율을 향상시킬 수 있다.
- [0148] 또, 가공 대상물(1)의 표면(3)의 절단예정라인(5)은 용융하지 않기 때문에, 절단예정라인(5)의 폭(이 폭은, 예를 들면 반도체 웨이퍼의 경우, 반도체 칩이 되는 영역끼리의 간격이다.)을 작게 할 수 있다. 이것에 의해, 한 장의 가공 대상물(1)로부터 제작되는 제품의 수가 증가하고 제품의 생산성을 향상시킬 수 있다.
- [0149] 또, 가공 대상물(1)의 절단 가공에 레이저 광을 이용하므로, 다이아몬드 커터를 이용한 다이싱보다 복잡한 가공이 가능하게 된다.
- [0150] 더욱, 가공 대상물(1)에 레이저 광(L)을 투과시켜 가공 대상물(1)의 내부에 다광자 흡수를 발생시켜 피처리부(7)를 형성한 경우에, 각각의 피처리부(7)에 대응한 미소공동(8)이 형성되는 원리에 대해서는 반드시 분명하지는 않다. 이와 같이 피처리부(7) 및 미소공동(8)이 쌍을 이룬 상태에서 형성되는 원리에 대해서 본 발명자 등이 상정하는 하나의 가설을 설명한다.
- [0151] 도 16은 그 가설을 설명하기 위한 도면이다. 가공 대상물(1) 내부의 집광점(F)에 초점을 맞추어 레이저 광(L)을 조사하면, 집광점(F)의 근방에 피처리부(7)가 형성된다. 종래에는, 이 레이저 광(L)은 레이저 광원으로부터 조사되는 레이저 광의 중심 부분의 빛(도 16에서, L4 및 L5에 상당하는 부분의 빛)을 사용하는 것으로 하고 있었다. 이것은, 레이저 광의 가우시안 분포의 중심 부분을 사용하기 위해서이다.
- [0152] 본 발명자 등은 레이저 광이 가공 대상물의 표면에 주는 영향을 억제하기 위해 레이저 광을 펼치는 것으로 하였다. 그 한 방법으로서 레이저 광원으로부터 조사되는 레이저 광을 소정의 광학계에서 익스팬드(확장)하여 가우시안 분포의 완만한 경사(倨野; 거야)를 펼쳐서, 레이저 광의 주변 부분의 광(도 16에서, L1~L3 및 L6~L8에 상당하는 부분의 빛)의 레이저 강도를 상대적으로 상승시키는 것으로 하였다.
- [0153] 이와 같이 확장 한 레이저 광을 가공 대상물(1)에 투과 시키면, 이미 설명한 바와 같이 집광점(F)의 근방에서는 피처리부(7)가 형성되고, 그 피처리부(7)에 대응한 부분에 미소공동(8)이 형성된다. 즉, 피처리부(7)와 미소공동(8)은 레이저 광의 광축(도 16에서 1점 쇄선)에 따른 위치에 형성된다. 미소공동(8)이 형성되는 위치는, 레이저 광의 주변 부분의 빛(도 16에서, L1~L3 및 L6~L8에 상당하는 부분의 빛)이 이론상 집광되는 부분에

상당한다.

- [0154] 이와 같이 레이저 광의 중심 부분의 빛(도 16에서, L4 및 L5에 상당하는 부분의 빛)과 레이저 광의 주변 부분의 빛(도 16에서, L1~L3 및 L6~L8에 상당하는 부분의 빛)이 각각 집광되는 부분이 가공 대상물(1)의 두께 방향에 있어서 다른 것은, 레이저 광을 집광하는 렌즈의 구면수차에 의한 것이라고 생각된다. 본 발명자등이 상정하는 하나의 가설은, 이 집광위치의 차이가 어떠한 영향을 미치고 있는 것은 아닐 것인가 하는 것이다.

[0155] 본 발명자 등이 상정하는 다른 가설은 다음과 같은 것이다. 레이저 광의 주변 부분의 빛(도 16에서, L1~L3 및 L6~L8에 상당하는 부분의 빛)이 집광되는 부분은 이론 상의 레이저 집광점이기 때문에, 이 부분의 광 강도가 높은 것이 상정된다. 따라서 그 부분에 있어 미세 구조 변화가 일어나고 있기 때문에 그 주위가 실질적으로 결정 구조가 변화하고 있지 않은 미소공동(8)이 형성된다. 한편, 피처리부(7)가 형성되어 있는 부분은 열적인 영향이 크고 단순하게 용융하여 다시 고체화되고 있다.

[0156] 이 가설을 설명하는 도면을 도 17에 나타낸다. 가우시안 분포(81)의 레이저 광을 출사하면, 광학계(82)를 통과하여 가공 대상물(83)에 조사된다. 도 17에 나타내는 바와 같이, 레이저 광의 주변 부분의 빛(도 17에서 파선으로 나타난다)은, 미소공동(832)이 형성되는 부분의 근방에 집광된다. 한편, 가우시안 분포(81)에 있어서 레이저 강도의 비교적 강한 부분의 레이저 광은, 피처리부(831)가 형성되는 부분의 근방에 집광된다.

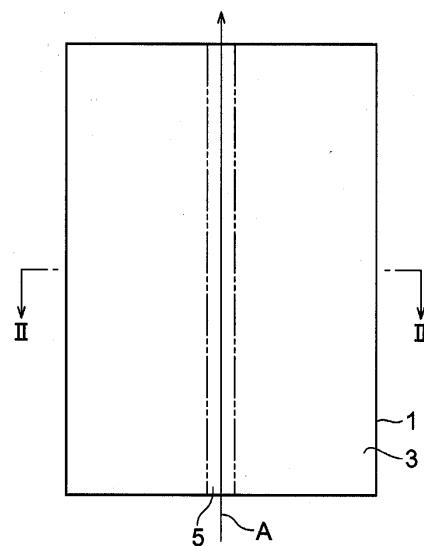
도면의 간단한 설명

[0073]

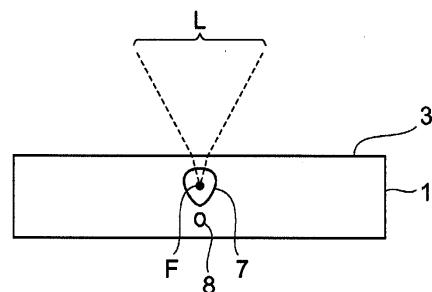
8 : 미소공동

도면

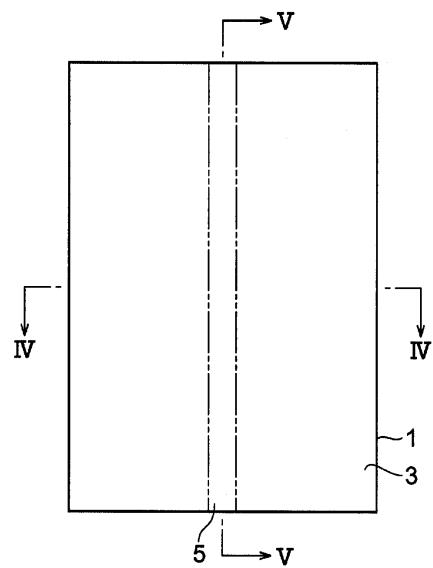
도면1



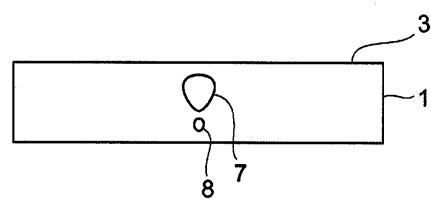
도면2



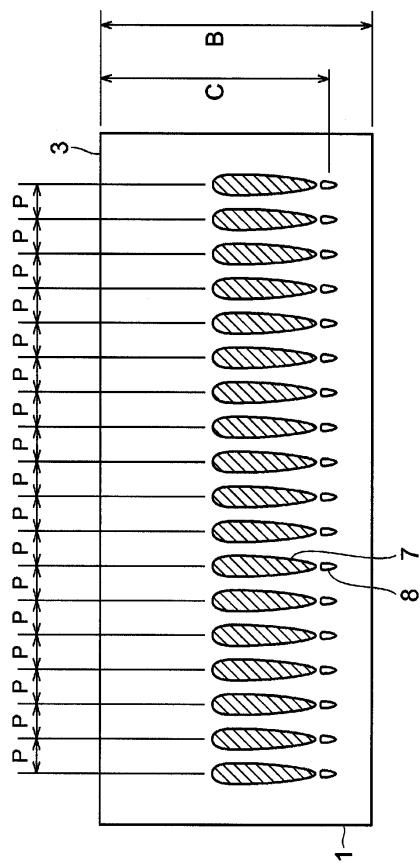
도면3



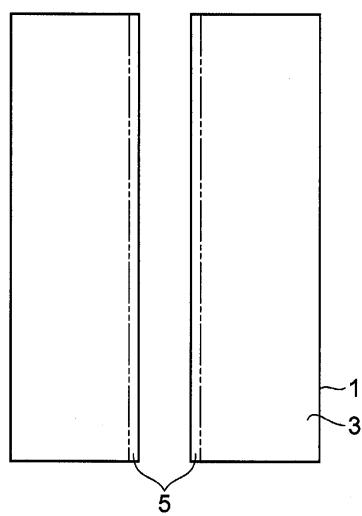
도면4



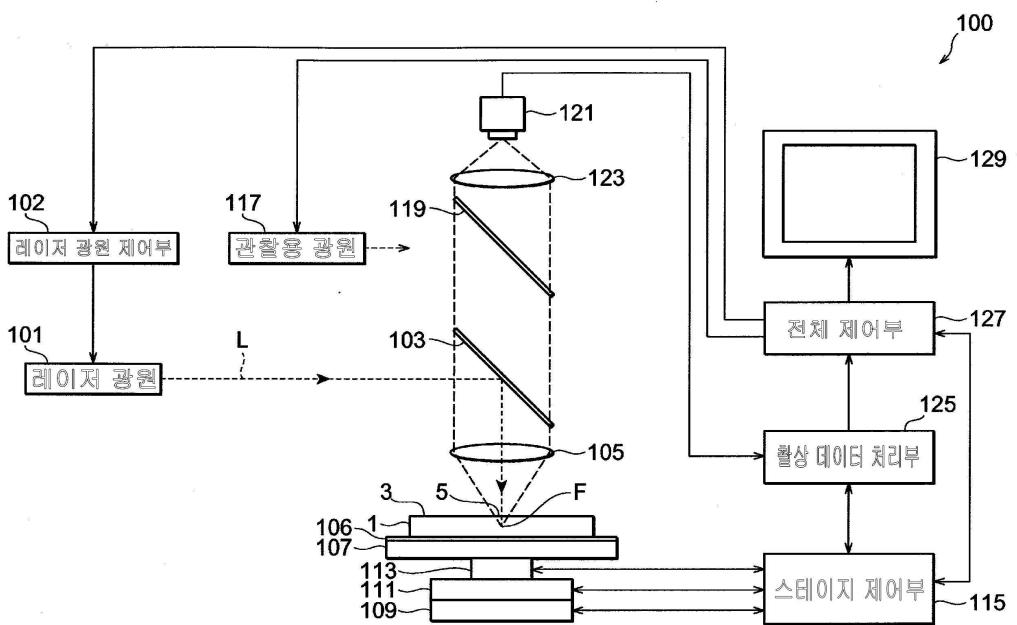
도면5



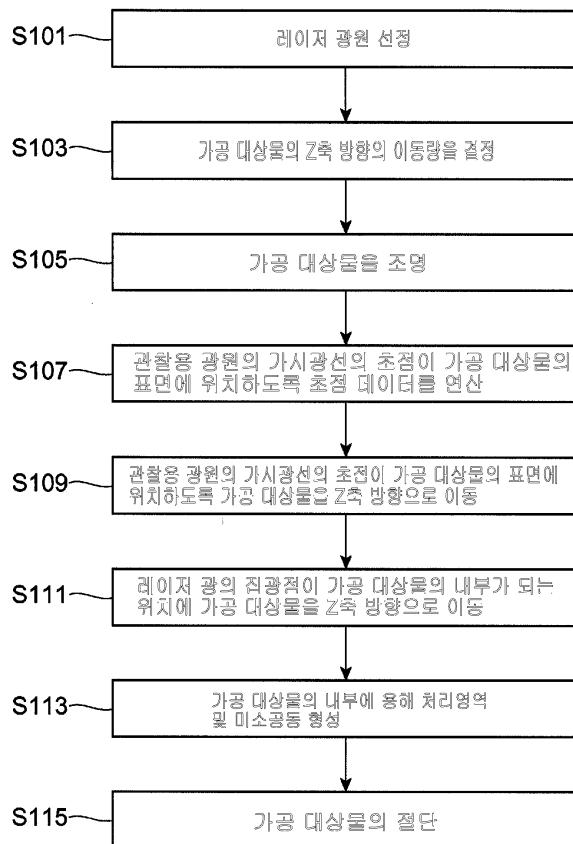
도면6



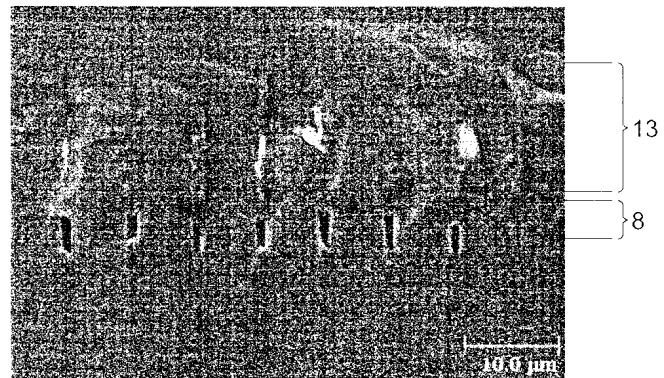
도면7



도면8



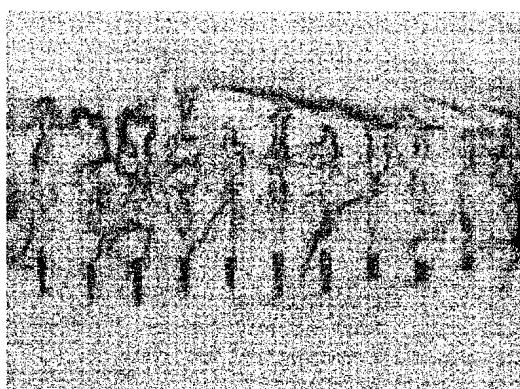
도면9



도면10



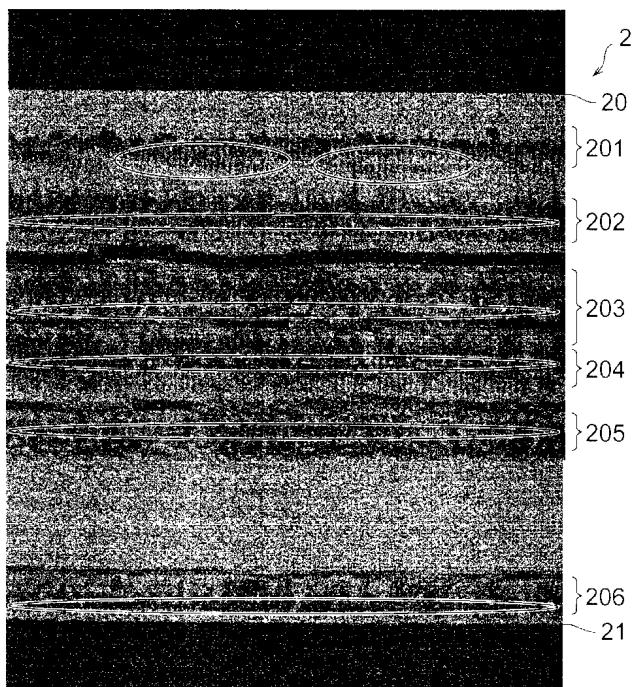
도면11



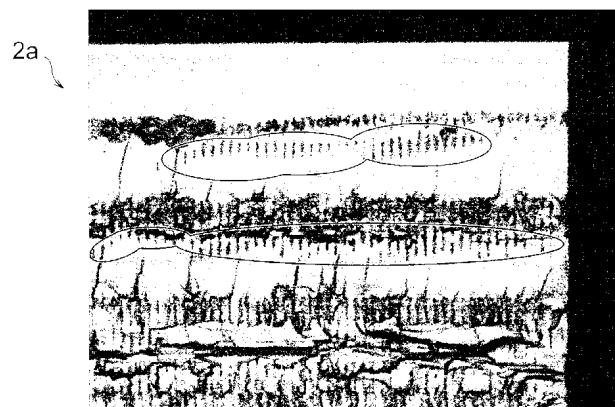
도면12

펄스 피치(μ m)	1.00	2.00	3.00	4.00	5.00	6.00	7.00
가공속도(mm/sec)	75	150	225	300	250	300	280
주파수(kHz)	75	75	75	75	50	50	40
펄스 폭(nsec)	170	170	170	170	161	161	152
가공깊이(μ m)	45	HC 山,△	HC 山,△	HC 山,△	HC 山,O	HC 山,O	HC 山,O
	50	HC 山,△	HC 山,△	HC 山,O	HC 山,O	HC 山,O	HC 山,O
	51	HC 山,△	HC 山,O	HC 山,O	HC 山,O	HC 山,O	HC 山,O
	56	HC 山,△	HC 山,O	HC 山,O	HC 山,O	HC 山,O	HC 山,O
	60	HC 山,O	HC 山,O	HC 山,O	HC 山,O	HC 山,O	ST △
	68	ST △	HC 山,O	HC 山,O	HC 山,O	ST △	ST △
	69	ST △	HC 山,O	ST O	HC 山,O	ST O	ST △
	79	ST △	ST O	ST O	HC 山,O	ST O	ST △
	81	ST O	ST O	ST 谷,O	ST O	ST O	ST △
	82	ST O	ST 谷,O	ST 谷,O	ST O	ST O	ST △
	88	ST O	ST 谷,O	ST 谷,O	ST O	ST O	ST O
	90	ST O	ST 谷,O	ST 谷,O	ST O	ST 谷,O	ST △

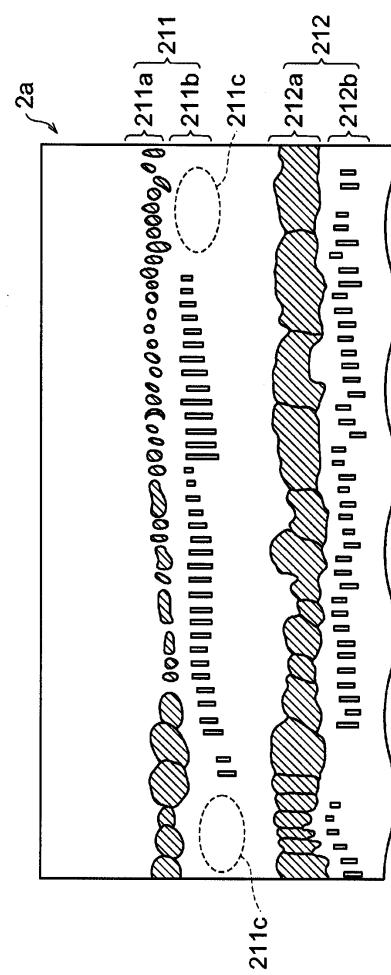
도면13



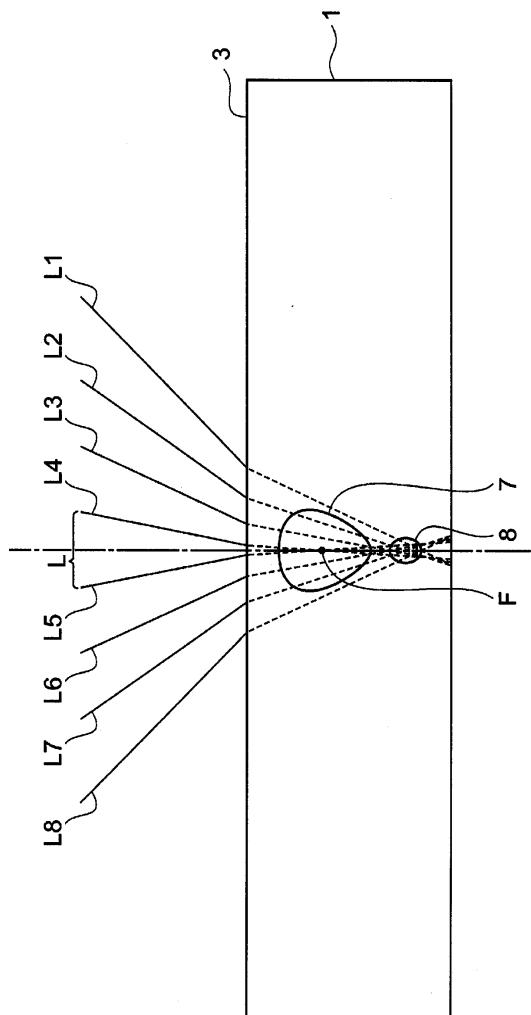
도면14



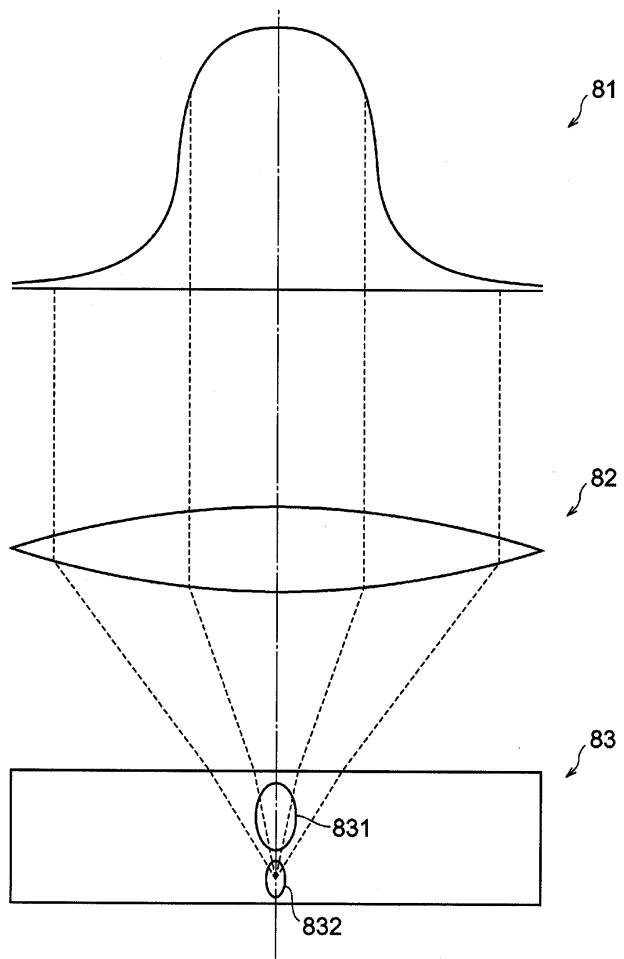
도면15



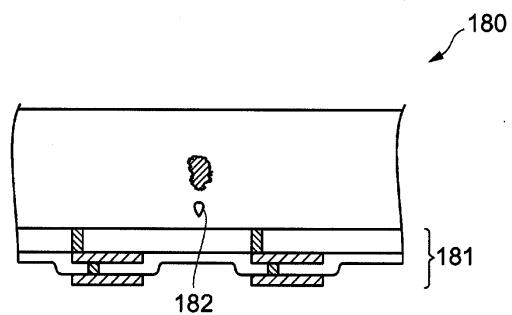
도면16



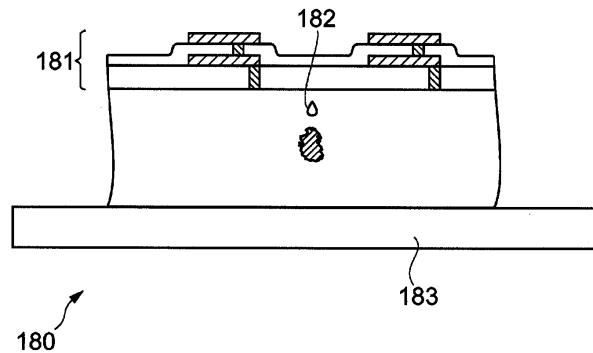
도면17



도면18



도면19



도면20

