



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2012년10월11일
(11) 등록번호 10-1190454
(24) 등록일자 2012년10월05일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B23K 26/00 (2006.01) B23K 26/40 (2006.01)
B23K 26/38 (2006.01) H01L 21/304 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2011-7019739(분할)
(22) 출원일자(국제) 2005년07월27일
심사청구일자 2011년08월25일
(85) 번역문제출일자 2011년08월25일
(65) 공개번호 10-2011-0111505
(43) 공개일자 2011년10월11일
(62) 원출원 특허 10-2007-7004069
원출원일자(국제) 2005년07월27일
심사청구일자 2009년05월07일
(86) 국제출원번호 PCT/JP2005/013746
(87) 국제공개번호 WO 2006/013763
국제공개일자 2006년02월09일
(30) 우선권주장
JP-P-2004-231555 2004년08월06일 일본(JP)
(56) 선행기술조사문헌
JP2002192370 A*
JP08019888 A*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
하마마츠 포토닉스 가부시카이가샤
일본국 시주오카켄 하마마츠시 히가시쿠 이치노초 1126-1
(72) 발명자
쿠노 코지
일본국 시주오카켄 하마마츠시 이치노초 1126-1
하마마츠 포토닉스 가부시카이가샤 내
스즈키 다츠야
일본국 시주오카켄 하마마츠시 이치노초 1126-1
하마마츠 포토닉스 가부시카이가샤 내
사카모토 다케시
일본국 시주오카켄 하마마츠시 이치노초 1126-1
하마마츠 포토닉스 가부시카이가샤 내
(74) 대리인
특허법인태평양

전체 청구항 수 : 총 2 항

심사관 : 홍성의

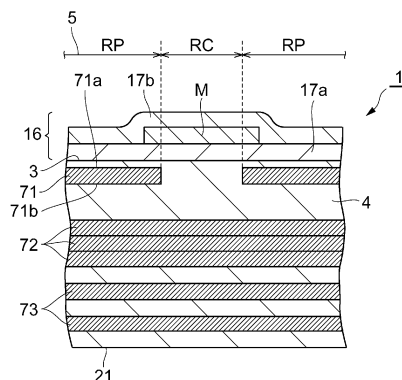
(54) 발명의 명칭 레이저 가공 장치

(57) 요약

절단 예정 라인의 소망한 부분을 따라서, 가공 대상물의 내부에 개질(改質) 영역을 확실히 형성할 수 있는 레이저 가공 장치를 제공한다.

이 레이저 가공 장치는, 기관(4)의 내부에 집광점(集光点)(P)을 맞추어 레이저 광(L)을 조사하는 것에 의해, 절단 예정 라인(5)에 따라서, 절단의 기점(起点)이 되는 품질 개질 영역(71)을 기관(4)의 내부에 형성한다. 이 때, 절단 예정 라인(5)의 소망한 부분(RP)에 따라서 레이저 광(L)을 펄스(pulse) 발진(發振)시키고, 절단 예정 라인(5)의 소정의 부분(RC)에 따라서 레이저 광(L)을 연속 발진시킨다. 이것에 의해, 절단 예정 라인(5)의 소망한 부분(RP)에 따른 기관(4)의 내부에는, 품질 개질 영역(71)이 형성되고, 절단 예정 라인(5)의 소정의 부분(RC)에 따른 기관(4)의 내부에는, 품질 개질 영역(71)이 형성되지 않는다.

대표도 - 도20



특허청구의 범위

청구항 1

판 모양의 가공 대상물의 내부에 집광점(集光点)을 맞추어 레이저 광을 조사(照射)하는 것에 의해, 상기 가공 대상물의 절단 예정 라인을 따라서, 절단의 기점이 되는 개질(改質) 영역을 상기 가공 대상물의 내부에 형성하는 레이저 가공 장치로서,

상기 가공 대상물이 놓여지는 재치대(載置臺)와,

상기 가공 대상물의 내부에 집광점을 맞추어 상기 레이저 광을 조사하는 수단과,

상기 레이저 광을 조사할 때, 선택적으로 연속 발진(發振)과 펄스(pulse) 발진을 전환하는 수단과,

상기 레이저 광의 집광점을 상기 가공 대상물에 대해서 이동시키면서, 상기 가공 대상물에서 상기 개질 영역을 형성해야 할 부분에는 상기 레이저 광을 펄스 발진시켜서 상기 개질 영역을 형성하고, 상기 가공 대상물에서 상기 개질 영역을 형성하지 않아야 할 부분에는 상기 레이저 광을 연속 발진시켜서 상기 개질 영역을 형성하지 않도록 상기 재치대, 상기 조사하는 수단 및 상기 전환하는 수단 중 적어도 하나를 제어하는 수단을 구비하는 것을 특징으로 하는 레이저 가공 장치.

청구항 2

기관과, 금속막 및 절연막을 포함하며 상기 기관의 표면에 형성된 적층부를 가지는 가공 대상물에 레이저 광을 조사하는 것에 의해, 상기 가공 대상물의 절단 예정 라인을 따라서 절단의 기점이 되는 개질 영역을 상기 기관의 내부에 형성하는 레이저 가공 장치로서,

상기 가공 대상물이 놓여지는 재치대(載置臺)와,

상기 가공 대상물의 내부에 집광점을 맞추어 상기 레이저 광을 조사하는 수단과,

상기 절단 예정 라인이 상기 금속막을 가로지르고 있는 경우에 있어서, 상기 개질 영역을 형성할 때에는 상기 금속막 이외의 부분에 대응하는 상기 절단 예정 라인의 제1 부분에 상기 개질 영역을 형성하고, 상기 금속막에 대응하는 상기 절단 예정 라인의 제2 부분에 상기 개질 영역을 형성하지 않도록 상기 재치대 및 상기 조사하는 수단 중 적어도 하나를 제어하는 수단을 구비하는 것을 특징으로 하는 레이저 가공 장치.

청구항 3

삭제

청구항 4

삭제

청구항 5

삭제

청구항 6

삭제

청구항 7

삭제

청구항 8

삭제

명세서

기술 분야

[0001] 본 발명은, 가공 대상물을 절단하기 위해서 사용되는 레이저 가공 장치에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 레이저 광의 조사(照射)에 의해서 가공 대상물을 절단할 때, 연속 발진(發振)과 펄스(pulse) 발진을 전환하여 레이저 광을 가공 대상물에 조사하는 레이저 가공 방법이 알려져 있다(예를 들면, 특허문헌 1 참조). 이 레이저 가공 방법에 있어서는, 절단 예정 라인의 직선 부분에서는 레이저 광을 연속 발진시키고, 한편, 절단 예정 라인의 곡선 부분 또는 각 부분에서는 레이저 광을 펄스 발진시킨다.

선행기술문헌

특허문헌

[0003] (특허문헌 0001) 특허문헌 1 : 특개소59-212185호 공보

발명의 내용

해결하려는 과제

[0004] 그런데, 판 모양의 가공 대상물의 내부에 집광점을 맞추어 레이저 광을 조사하는 것에 의해, 가공 대상물의 절단 예정 라인을 따라서, 절단의 기점이 되는 개질(改質) 영역을 가공 대상물의 내부에 형성하는 레이저 가공 방법이 알려져 있다. 이와 같은 레이저 가공 방법에서는, 가공 대상물을 절단 예정 라인을 따라서 고정밀도로 절단하기 위해서, 절단 예정 라인의 소망한 부분을 따라서 가공 대상물의 내부에 개질 영역을 확실히 형성하는 것이 요망되고 있다.

[0005] 그래서, 본 발명은, 이와 같은 사정을 감안하여 이루어진 것으로, 절단 예정 라인의 소망한 부분을 따라서, 가공 대상물의 내부에 개질 영역을 확실히 형성할 수 있는 레이저 가공 장치를 제공하는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

[0006] 상술한 과제를 해결하기 위해, 본 발명의 레이저 가공 장치는, 판 모양의 가공 대상물의 내부에 집광점(集光点)을 맞추어 레이저 광을 조사(照射)하는 것에 의해, 상기 가공 대상물의 절단 예정 라인을 따라서, 절단의 기점이 되는 개질(改質) 영역을 상기 가공 대상물의 내부에 형성하는 레이저 가공 장치로서, 상기 가공 대상물이 놓여지는 재치대(載置臺)와, 상기 가공 대상물의 내부에 집광점을 맞추어 상기 레이저 광을 조사하는 수단과, 상기 레이저 광을 조사할 때, 선택적으로 연속 발진(發振)과 펄스(pulse) 발진을 전환하는 수단과, 상기 레이저 광의 집광점을 상기 가공 대상물에 대해서 이동시키면서, 상기 가공 대상물에서 상기 개질 영역을 형성해야 할 부분에는 상기 레이저 광을 펄스 발진시켜서 상기 개질 영역을 형성하고, 상기 가공 대상물에서 상기 개질 영역을 형성하지 않아야 할 부분에는 상기 레이저 광을 연속 발진시켜서 상기 개질 영역을 형성하지 않도록 상기 재치대, 상기 조사하는 수단 및 상기 전환하는 수단 중 적어도 하나를 제어하는 수단을 구비하는 것을 특징으로 한다.

[0007] 레이저 광을 펄스 발진시키면, 레이저 광을 연속 발진시키는 경우에 비하여 가공 대상물의 내부에 개질 영역을 확실히 형성할 수 있다. 이 때문에, 절단 예정 라인의 소망한 부분을 따라서 레이저 광을 펄스 발진시키고, 그 소망한 부분 이외의 부분을 따라서 레이저 광을 연속 발진시키는 것에 의해, 소망한 부분을 따라서, 가공 대상물의 내부에 개질 영역을 확실히 형성할 수 있다. 특히 Q 스위치 레이저를 이용하는 경우, RF 출력의 제어에 의해 Q 스위치를 ON 제어함으로써 펄스 발진과 연속 발진을 전환하므로, 여기(勵起)용 LD 광의 고체 레이저 결정으로의 인가 상태는 기본적으로 변화하지 않는다. 그 때문에, 펄스 발진과 연속 발진의 전환을 신속하게 행할 수 있으므로, 안정된 레이저 광으로 가공할 수 있음과 동시에 가공 속도도 향상시킬 수 있다. 또한, 레이저 발진기의 종류에 의해서, 연속 발진시에 연속 발진 출력과 펄스 발진 출력이 혼합한 상태가 되는 경우도 있지만, 펄스 출력의 평균 출력은 저하되고 있으므로, 에너지가 가공 문턱값을 넘지 않고, 소망한 부분 이외에서는 가공 대상물의 내부에 개질 영역은 형성되지 않는다. 이 경우도 펄스 발진과 연속 발진의 전환을 신속하게 행할 수 있음과 동시에, 펄스 발진 이행시의 열안정성도 보다 향상하므로, 보다 안정된 레이저 광으로 가공할

수 있음과 동시에 가공 속도를 향상시킬 수 있다. 이 경우도 본원의 연속 발명에 포함된다.

[0008] 또, 본 발명의 레이저 가공 장치는, 기관과, 금속막 및 절연막을 포함하여 상기 기관의 표면에 형성된 적층부를 가지는 가공 대상물에 레이저 광을 조사하는 것에 의해, 상기 가공 대상물의 절단 예정 라인을 따라서 절단의 기점이 되는 개질 영역을 상기 기관의 내부에 형성하는 레이저 가공 장치로서, 상기 가공 대상물이 놓여지는 재치대(載置臺)와, 상기 가공 대상물의 내부에 집광점을 맞추어 상기 레이저 광을 조사하는 수단과, 상기 절단 예정 라인이 상기 금속막을 가로지르고 있는 경우에 있어서, 상기 개질 영역을 형성할 때에는 상기 금속막 이외의 부분에 대응하는 상기 절단 예정 라인의 제1 부분에 상기 개질 영역을 형성하고, 상기 금속막에 대응하는 상기 절단 예정 라인의 제2 부분에 상기 개질 영역을 형성하지 않도록 상기 재치대, 상기 조사하는 수단 및 상기 전환하는 수단 중 적어도 하나를 제어하는 수단을 구비하는 것을 특징으로 한다.

[0009] 삭제

[0010] 삭제

[0011] 삭제

[0012] 삭제

[0013] 삭제

[0014] 삭제

발명의 효과

[0015] 본 발명에 의하면, 절단 예정 라인의 소망한 부분을 따라서, 가공 대상물의 내부에 개질 영역을 확실히 형성할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0016] 도 1은 본 실시 형태에 관한 레이저 가공 방법에 따른 레이저 가공 중의 가공 대상물의 평면도이다.
 도 2는 도 1에 나타내는 가공 대상물의 II-II선에 따른 단면도이다.
 도 3은 본 실시 형태에 관한 레이저 가공 방법에 따른 레이저 가공 후의 가공 대상물의 평면도이다.
 도 4는 도 3에 나타내는 가공 대상물의 IV-IV선에 따른 단면도이다.
 도 5는 도 3에 나타내는 가공 대상물의 V-V선에 따른 단면도이다.
 도 6은 본 실시 형태에 관한 레이저 가공 방법에 의해 절단된 가공 대상물의 평면도이다.
 도 7은 본 실시 형태에 관한 레이저 가공 방법에 있어서의 전계 강도와 크랙 스폿(crack spot)의 크기와의 관계를 나타내는 그래프이다.
 도 8은 본 실시 형태에 관한 레이저 가공 방법의 제 1 공정에 있어서의 가공 대상물의 단면도이다.
 도 9는 본 실시 형태에 관한 레이저 가공 방법의 제 2 공정에 있어서의 가공 대상물의 단면도이다.
 도 10은 본 실시 형태에 관한 레이저 가공 방법의 제 3 공정에 있어서의 가공 대상물의 단면도이다.
 도 11은 본 실시 형태에 관한 레이저 가공 방법의 제 4 공정에 있어서의 가공 대상물의 단면도이다.
 도 12는 본 실시 형태에 관한 레이저 가공 방법에 의해 절단된 실리콘 웨이퍼의 일부에 있어서의 단면의 사진을

나타낸 도이다.

도 13은 본 실시 형태에 관한 레이저 가공 방법에 있어서의 레이저 광의 파장과 실리콘 기판의 내부의 투과율과의 관계를 나타내는 그래프이다.

도 14는 본 실시 형태의 레이저 가공 방법에 있어서의 가공 대상물의 평면도이다.

도 15는 도 14에 나타내는 가공 대상물의 XV-XV선에 따른 부분 단면도이다.

도 16은 본 실시 형태의 레이저 가공 방법을 설명하기 위한 도로서, (a)는, 가공 대상물에 보호 테이프를 부착한 상태, (b)는, 가공 대상물에 레이저 광을 조사하고 있는 상태이다.

도 17은 본 실시 형태의 레이저 가공 방법을 설명하기 위한 도로서, (a)는, 가공 대상물에 익스펜드 테이프를 부착한 상태, (b)는, 보호 테이프에 자외선을 조사하고 있는 상태이다.

도 18은 본 실시 형태의 레이저 가공 방법을 설명하기 위한 도로서, (a)는, 가공 대상물로부터 보호 테이프를 벗긴 상태, (b)는, 익스펜드 테이프를 확장시킨 상태이다.

도 19는 본 실시 형태의 레이저 가공 방법에 의해 개질 영역이 형성된 가공 대상물의 일부분을 나타내는 평면도이다.

도 20은 도 19에 나타내는 가공 대상물의 XX-XX선에 따른 부분 단면도이다.

도 21은 본 실시 형태의 레이저 가공 방법의 일실시에 있어서의 가공 대상물의 평면도로서, (a)는, 가공 대상물의 내부에 개질 영역을 형성한 후의 상태, (b)는, 가공 대상물을 절단한 후의 상태이다.

도 22는 본 실시 형태의 레이저 가공 방법의 일실시에 의해 절단된 가공 대상물의 절단면의 사진을 나타낸 도이다.

도 23은 레이저 가공 방법의 일례에 있어서의 가공 대상물의 평면도로서, (a)는, 가공 대상물의 내부에 개질 영역을 형성한 후의 상태, (b)는, 가공 대상물을 절단한 후의 상태이다.

도 24는 레이저 가공 방법의 일례에 있어서의 가공 대상물의 절단면의 사진을 나타낸 도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0017] 이하, 본 발명의 바람직한 실시 형태에 대하여, 도면을 참조하여 상세하게 설명한다. 본 실시 형태의 레이저 가공 방법에서는, 가공 대상물의 내부에 개질 영역을 형성하기 위해서 다광자(多光子) 흡수라고 하는 현상을 이용한다. 그래서, 먼저, 다광자 흡수에 의해 개질 영역을 형성하기 위한 레이저 가공 방법에 대하여 설명한다.

[0018] 재료의 흡수의 밴드 갭(band gap)(E_g)보다 광자의 에너지($h\nu$)가 작으면 광학적으로 투명이 된다. 따라서, 재료에 흡수가 생기는 조건은 $h\nu > E_g$ 이다. 그러나, 광학적으로 투명하여도, 레이저 광의 강도를 매우 크게 하면 $nh\nu > E_g$ 의 조건($n = 2, 3, 4, \dots$)으로 재료에 흡수가 생긴다. 이 현상을 다광자 흡수라고 한다. 펄스파의 경우, 레이저 광의 강도는 레이저 광의 집광점의 피크 파워(peak power) 밀도(W/cm^2)로 정해지고, 예를 들면 피크 파워 밀도가 $1 \times 10^8 (W/cm^2)$ 이상의 조건으로 다광자 흡수가 생긴다. 피크 파워 밀도는, (집광점에 있어서의 레이저 광의 1펄스 당의 에너지) \div (레이저 광의 빔 스폿 단면적 \times 펄스 폭)에 의해 구해진다. 또, 연속파인 경우, 레이저 광의 강도는 레이저 광의 집광점의 전계(電界) 강도(W/cm^2)로 정해진다.

[0019] 이와 같은 다광자 흡수를 이용하는 본 실시 형태에 관한 레이저 가공 방법의 원리에 대해서, 도 1 ~ 도 6을 참조하여 설명한다. 도 1에 나타내는 바와 같이, 웨이퍼 모양(판 모양)의 가공 대상물(1)의 표면(3)에는, 가공 대상물(1)을 절단하기 위한 절단 예정 라인(5)이 있다. 절단 예정 라인(5)은 직선 모양으로 연장한 가상선이다. 본 실시 형태에 관한 레이저 가공 방법에서는, 도 2에 나타내는 바와 같이, 다광자 흡수가 생기는 조건으로 가공 대상물(1)의 내부에 집광점(P)을 맞추어 레이저 광(L)을 조사하여 개질 영역(7)을 형성한다. 또한, 집광점(P)은, 레이저 광(L)이 집광하는 개소이다. 또, 절단 예정 라인(5)은, 직선 모양으로 한정하지 않고 곡선 모양으로도 좋으며, 가상선으로 한정하지 않고 가공 대상물(1)에 실제로 끌린 선이어도 좋다.

[0020] 그리고, 레이저 광(L)을 절단 예정 라인(5)을 따라서(즉, 도 1의 화살표 A방향으로) 상대적으로 이동시키는 것에 의해, 집광점(P)을 절단 예정 라인(5)을 따라서 이동시킨다. 이것에 의해, 도 3 ~ 도 5에 나타내는 바와 같이, 개질 영역(7)이 절단 예정 라인(5)을 따라서 가공 대상물(1)의 내부에 형성되어, 이 개질 영역(7)이 절단

기점(起点) 영역(8)으로 된다. 여기서, 절단 기점 영역(8)은, 가공 대상물(1)이 절단될 때에 절단(나뉘)의 기점이 되는 영역을 의미한다. 이 절단 기점 영역(8)은, 개질 영역(7)이 연속적으로 형성됨으로써 형성되는 경우도 있고, 개질 영역(7)이 단속(斷續)적으로 형성됨으로써 형성되는 경우도 있다.

[0021] 본 실시 형태에 관한 레이저 가공 방법은, 가공 대상물(1)이 레이저 광(L)을 흡수하는 것에 의해 가공 대상물(1)을 발열시켜 개질 영역(7)을 형성하는 것은 아니다. 가공 대상물(1)에 레이저 광(L)을 투과시켜 가공 대상물(1)의 내부에 다광자 흡수를 발생시켜 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 용융(熔融)하지 않는다.

[0022] 가공 대상물(1)의 내부에 절단 기점 영역(8)을 형성하면, 이 절단 기점 영역(8)을 기점으로 하여 분열이 발생하기 쉬워지기 때문에, 도 6에 나타내는 바와 같이, 비교적 작은 힘으로 가공 대상물(1)을 절단할 수 있다. 따라서, 가공 대상물(1)의 표면(3)에 절단 예정 라인(5)을 크게 빗나가는 불필요한 분열을 발생시키지 않고, 가공 대상물(1)을 고정밀도로 절단하는 것이 가능하게 된다.

[0023] 이 절단 기점 영역(8)을 기점으로 한 가공 대상물(1)의 절단에는, 다음의 2방법이 고려된다. 하나는, 절단 기점 영역(8) 형성 후, 가공 대상물(1)에 인위적인 힘이 인가되는 것에 의해, 절단 기점 영역(8)을 기점으로 하여 가공 대상물(1)이 갈라져, 가공 대상물(1)이 절단되는 경우이다. 이것은, 예를 들면 가공 대상물(1)의 두께가 큰 경우의 절단이다. 인위적인 힘이 인가된다는 것은, 예를 들면, 가공 대상물(1)의 절단 기점 영역(8)에 따라서 가공 대상물(1)에 휨 응력이나 전단 응력을 가하거나, 가공 대상물(1)에 온도차를 주는 것에 의해 열 응력을 발생시키거나 하는 것이다. 다른 하나는, 절단 기점 영역(8)을 형성하는 것에 의해, 절단 기점 영역(8)을 기점으로 하여 가공 대상물(1)의 단면 방향(두께 방향)으로 향하여 자연스럽게 갈라져, 결과적으로 가공 대상물(1)이 절단되는 경우이다. 이것은, 예를 들면 가공 대상물(1)의 두께가 작은 경우에는, 1 열의 개질 영역(7)에 의해 절단 기점 영역(8)이 형성되는 것으로 가능하게 되고, 가공 대상물(1)의 두께가 큰 경우에는, 두께 방향으로 복수 열 형성된 개질 영역(7)에 의해 절단 기점 영역(8)이 형성되는 것으로 가능하게 된다. 또한, 이 자연스럽게 갈라지는 경우도, 절단하는 개소에 있어서, 절단 기점 영역(8)이 형성되어 있지 않은 부위에 대응하는 부분의 표면(3) 위까지 분열이 앞지르지 않고, 절단 기점 영역(8)을 형성한 부위에 대응하는 부분만을 할단(割斷)할 수 있으므로, 할단을 잘 제어할 수 있다. 최근, 실리콘 웨이퍼 등의 가공 대상물(1)의 두께는 얇아지는 경향에 있으므로, 이와 같은 제어성이 좋은 할단 방법은 매우 효과적이다.

[0024] 그런데, 본 실시 형태에 관한 레이저 가공 방법에 있어서, 다광자 흡수에 의해 형성되는 개질 영역으로서, 다음의 (1) ~ (3)의 경우가 있다.

[0025] (1) 개질 영역이 1개 또는 복수의 크랙을 포함한 크랙 영역의 경우

[0026] 가공 대상물(예를 들면 유리나 LiTaO_3 로 이루어지는 압전 재료)의 내부에 집광점을 맞추어, 집광점에 있어서의 전계 강도가 $1 \times 10^8 (\text{W}/\text{cm}^2)$ 이상으로 하는 한편 펄스 폭이 $1\mu\text{s}$ 이하의 조건으로 레이저 광을 조사한다. 이 펄스 폭의 크기는, 다광자 흡수를 발생시키면서 가공 대상물의 표면에 불필요한 데미지를 주지 않고, 가공 대상물의 내부에만 크랙 영역을 형성할 수 있는 조건이다. 이것에 의해, 가공 대상물의 내부에는 다광자 흡수에 의한 광학적 손상이라고 하는 현상이 발생한다. 이 광학적 손상에 의해 가공 대상물의 내부에 열왜(熱歪)가 야기되고, 이것에 의해 가공 대상물의 내부에 크랙 영역이 형성된다. 전계 강도의 상한치로서는, 예를 들면 $1 \times 10^{12} (\text{W}/\text{cm}^2)$ 이다. 펄스 폭은 예를 들면 $1\text{ns} \sim 200\text{ns}$ 가 바람직하다. 또한, 다광자 흡수에 의한 크랙 영역의 형성은, 예를 들면, 제 45회 레이저 열 가공 연구회 논문집(1998년, 12월)의 제 23 페이지 ~ 제 28 페이지의 「고체 레이저 고주파에 의한 유리 기판의 내부 마킹(marking)」에 기재되어 있다.

[0027] 본 발명자는, 전계 강도와 크랙의 크기와의 관계를 실험에 의해 구했다. 실험 조건은 다음과 같다.

[0028] (A) 가공 대상물 : 파이렉스(등록상표) 유리(두께 $700\mu\text{m}$)

[0029] (B) 레이저

[0030] 광원 : 반도체 레이저 여기(勵起) Nd : YAG 레이저

[0031] 파장 : 1064nm

[0032] 레이저 광 스폿 단면적 : $3.14 \times 10^{-8} \text{cm}^2$

[0033] 발진 형태 : Q 스위치 펄스

- [0034] 반복 주파수 : 100kHz
- [0035] 펄스 폭 : 30ns
- [0036] 출력 : 출력 < 1mJ / 펄스
- [0037] 레이저 광품질 : TEM₀₀
- [0038] 편광 특성 : 직선 편광
- [0039] (C) 집광용 렌즈
- [0040] 레이저 광 파장에 대한 투과율 : 60 퍼센트
- [0041] (D) 가공 대상물이 실어 놓인 재치대(載置臺)의 이동 속도 : 100mm/초
- [0042] 또한, 레이저 광품질이 TEM₀₀는, 집광성이 높고 레이저 광의 파장 정도까지 집광 가능성을 의미한다.
- [0043] 도 7은 상기 실험의 결과를 나타내는 그래프이다. 가로 축은 피크 파워 밀도이고, 레이저 광이 펄스 레이저 광이므로 전계 강도는 피크 파워 밀도로 나타낸다. 세로 축은 1 펄스의 레이저 광에 의해 가공 대상물의 내부에 형성된 크랙 부분(크랙 스포트)의 크기를 나타내고 있다. 크랙 스포트가 모여 크랙 영역이 된다. 크랙 스포트의 크기는, 크랙 스포트의 형상 중 최대의 길이가 되는 부분의 크기이다. 그래프 중의 검은 점으로 나타내는 데이터는 집광용 렌즈(C)의 배율이 100배, 개구 수(NA)가 0.80인 경우이다. 한편, 그래프 중의 흰 점으로 나타내는 데이터는 집광용 렌즈(C)의 배율이 50배, 개구 수(NA)가 0.55인 경우이다. 피크 파워 밀도가 10¹¹(W/cm²) 정도로부터 가공 대상물의 내부에 크랙 스포트가 발생하여, 피크 파워 밀도가 커짐에 따라 크랙 스포트도 커지는 것을 알 수 있다.
- [0044] 다음에, 크랙 영역 형성에 의한 가공 대상물의 절단의 메카니즘에 대해서, 도 8 ~ 도 11을 참조하여 설명한다. 도 8에 나타내는 바와 같이, 다광자 흡수가 생기는 조건으로 가공 대상물(1)의 내부에 집광점(P)을 맞추어 레이저 광(L)을 조사하여 절단 예정 라인을 따라서 내부에 크랙 영역(9)을 형성한다. 크랙 영역(9)은 1개 또는 복수의 크랙을 포함한 영역이다. 이와 같이 형성된 크랙 영역(9)이 절단 기점 영역이 된다. 도 9에 나타내는 바와 같이, 크랙 영역(9)을 기점으로 하여(즉, 절단 기점 영역을 기점으로 하여) 크랙이 더욱 성장하고, 도 10에 나타내는 바와 같이, 크랙이 가공 대상물(1)의 표면(3)과 이면(21)에 도달하며, 도 11에 나타내는 바와 같이, 가공 대상물(1)이 갈라지는 것에 의해 가공 대상물(1)이 절단된다. 가공 대상물(1)의 표면(3)과 이면(21)에 도달하는 크랙은 자연스럽게 성장하는 경우도 있고, 가공 대상물(1)에 힘이 인가되는 것에 의해 성장하는 경우도 있다.
- [0045] (2) 개질 영역이 용융 처리 영역인 경우
- [0046] 가공 대상물(예를 들면 실리콘과 같은 반도체 재료)의 내부에 집광점을 맞추어, 집광점에 있어서의 전계 강도가 1×10^8 (W/cm²) 이상으로 하는 한편 펄스 폭이 1μs 이하의 조건으로 레이저 광을 조사한다. 이것에 의해 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) 한 영역이나, 확실히 용융 상태의 영역이나, 용융 상태에서부터 재고화 하는 상태의 영역이며, 상(相)변화한 영역이나 결정 구조가 변화한 영역이라고도 할 수 있다. 또, 용융 처리 영역은 단결정(單結晶) 구조, 비정질(非晶質) 구조, 다결정 구조에 있어서, 어느 구조가 다른 구조로 변화한 영역이라고도 할 수 있다. 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 처리 영역은 예를 들면 비정질 실리콘 구조이다. 전계 강도의 상한치로서는, 예를 들면 1×10^{12} (W/cm²)이다. 펄스 폭은 예를 들면 1ns ~ 200ns가 바람직하다.
- [0047] 본 발명자는, 실리콘 웨이퍼의 내부에서 용융 처리 영역이 형성되는 것을 실험에 의해 확인했다. 실험 조건은 다음과 같다.
- [0048] (A) 가공 대상물 : 실리콘 웨이퍼(두께 350μm, 외경 4인치)
- [0049] (B) 레이저

- [0050] 광원 : 반도체 레이저 여기 Nd : YAG 레이저
- [0051] 파장 : 1064nm
- [0052] 레이저 광 스폿트 단면적 : $3.14 \times 10^{-8} \text{ cm}^2$
- [0053] 발진 형태 : Q 스위치 펄스
- [0054] 반복 주파수 : 100kHz
- [0055] 펄스 폭 : 30ns
- [0056] 출력 : 20 μ J/펄스
- [0057] 레이저 광 품질 : TEM₀₀
- [0058] 편광 특성 : 직선 편광
- [0059] (C) 집광용 렌즈
- [0060] 배율 : 50배
- [0061] N.A. : 0.55
- [0062] 레이저 광 파장에 대한 투과율 : 60퍼센트
- [0063] (D) 가공 대상물이 실어 놓인 재치대의 이동 속도 : 100mm/초
- [0064] 도 12는, 상기 조건에서의 레이저 가공에 의해 절단된 실리콘 웨이퍼의 일부에 있어서의 단면의 사진을 나타낸 도이다. 실리콘 웨이퍼(11)의 내부에 용융 처리 영역(13)이 형성되어 있다. 또한, 상기 조건에 의해 형성된 용융 처리 영역(13)의 두께 방향의 크기는 100 μ m 정도이다.
- [0065] 용융 처리 영역(13)이 다광자 흡수에 의해 형성된 것을 설명한다. 도 13은, 레이저 광의 파장과 실리콘 기판의 내부의 투과율과의 관계를 나타내는 그래프이다. 다만, 실리콘 기판의 표면 측과 이면 측 각각의 반사 성분을 제거하고, 내부의 투과율만을 나타내고 있다. 실리콘 기판의 두께 t가 50 μ m, 100 μ m, 200 μ m, 500 μ m, 1000 μ m의 각각에 대하여 상기 관계를 나타냈다.
- [0066] 예를 들면, Nd : YAG 레이저의 파장인 1064nm에 있어서, 실리콘 기판의 두께가 500 μ m 이하인 경우, 실리콘 기판의 내부에서는 레이저 광이 80%이상 투과하는 것을 알 수 있다. 도 12에 나타내는 실리콘 웨이퍼(11)의 두께는 350 μ m이므로, 다광자 흡수에 의한 용융 처리 영역(13)은 실리콘 웨이퍼(11)의 중심 부근, 즉 표면으로부터 175 μ m인 부분에 형성된다. 이 경우의 투과율은, 두께 200 μ m의 실리콘 웨이퍼를 참고로 하면, 90%이상이므로, 레이저 광이 실리콘 웨이퍼(11)의 내부에서 흡수되는 것은 약간에 불과하고, 대부분이 투과한다. 이것은, 실리콘 웨이퍼(11)의 내부에서 레이저 광이 흡수되어, 용융 처리 영역(13)이 실리콘 웨이퍼(11)의 내부에 형성(즉 레이저 광에 의한 통상의 가열로 용융 처리 영역이 형성)된 것이 아니고, 용융 처리 영역(13)이 다광자 흡수에 의해 형성된 것을 의미한다. 다광자 흡수에 의한 용융 처리 영역의 형성은, 예를 들면, 용접 학회 전국 대회 강연 개요 제 66집(2000년 4월)의 제 72 페이지 ~ 제 73 페이지의 「피코(pico)초 펄스 레이저에 의한 실리콘의 가공 특성 평가」에 기재되어 있다.
- [0067] 또한, 실리콘 웨이퍼는, 용융 처리 영역에 의해서 형성되는 절단 기점 영역을 기점으로 하여 단면 방향으로 향하여 분열을 발생시키고, 그 분열이 실리콘 웨이퍼의 표면과 이면에 도달하는 것에 의해, 결과적으로 절단된다. 실리콘 웨이퍼의 표면과 이면에 도달하는 이 분열은 자연스럽게 성장하는 경우도 있고, 실리콘 웨이퍼에 힘이 인가되는 것에 의해 성장하는 경우도 있다. 그리고, 절단 기점 영역으로부터 실리콘 웨이퍼의 표면과 이면에 분열이 자연스럽게 성장하는 경우에는, 절단 기점 영역을 형성하는 용융 처리 영역이 용융하고 있는 상태로부터 분열이 성장하는 경우와, 절단 기점 영역을 형성하는 용융 처리 영역이 용융하고 있는 상태로부터 재고화할 때에 분열이 성장하는 경우 모두 있다. 다만, 어느 쪽의 경우도 용융 처리 영역은 실리콘 웨이퍼의 내부에만 형성되고, 절단 후의 절단면에는, 도 12와 같이 내부에만 용융 처리 영역이 형성되고 있다. 이와 같이, 가공 대상물의 내부에 용융 처리 영역에 의해서 절단 기점 영역을 형성하면, 할단(割斷)시, 절단 기점 영역 라인에서부터 빗나간 불필요한 분열이 생기기 어려우므로, 할단 제어가 용이하게 된다.
- [0068] (3) 개질 영역이 굴절 비율 변화 영역인 경우

- [0069] 가공 대상물(예를 들면 유리)의 내부에 집광점을 맞추어, 집광점에 있어서의 전계 강도가 $1 \times 10^8 (\text{W}/\text{cm}^2)$ 이상으로 하는 한편 펄스 폭이 1ns 이하인 조건으로 레이저 광을 조사한다. 펄스 폭을 지극히 짧게 하여, 다광자 흡수를 가공 대상물의 내부에 일으키게 하면, 다광자 흡수에 의한 에너지가 열에너지로 전화(轉化)되지 않고, 가공 대상물의 내부에는 이온 가수(價數) 변화, 결정화 또는 분극(分極) 배향(配向) 등의 영속(永續)적인 구조 변화가 야기되어 굴절 비율 변화 영역이 형성된다. 전계 강도의 상한치로서는, 예를 들면 $1 \times 10^{12} (\text{W}/\text{cm}^2)$ 이다. 펄스 폭은 예를 들면 1ns 이하가 바람직하고, 1ps 이하가 더욱 바람직하다. 다광자 흡수에 의한 굴절 비율 변화 영역의 형성은, 예를 들면, 제 42 회 레이저 열 가공 연구회 논문집(1997년.11월)의 제 105 페이지 ~ 제 111 페이지의 「펨토(femto)초 레이저 조사에 의한 유리 내부로의 광 야기 구조 형성」에 기재되어 있다.
- [0070] 이상, 다광자 흡수에 의해 형성되는 개질 영역으로서 (1) ~ (3)의 경우를 설명하였으나, 웨이퍼 모양의 가공 대상물의 절단 구조나 그 벽개성(劈開性) 등을 고려하여 절단 기점 영역을 다음과 같이 형성하면, 그 절단 기점 영역을 기점으로 하여, 보다 한층 작은 힘으로, 게다가 정밀도 좋게 가공 대상물을 절단하는 것이 가능하게 된다.
- [0071] 즉, 실리콘 등의 다이아몬드 구조의 단결정 반도체로 이루어지는 기판인 경우는, (111)면(제 1 벽개면)이나 (110)면(제 2 벽개면)에 따른 방향으로 절단 기점 영역을 형성하는 것이 바람직하다. 또, GaAs 등의 섬(閃) 아연광형 구조의 III-V족 화합물 반도체로 이루어지는 기판인 경우는, (110)면에 따른 방향으로 절단 기점 영역을 형성하는 것이 바람직하다. 또한, 사파이어(sapphire)(Al_2O_3) 등의 육방정계(六方晶系)의 결정 구조를 가지는 기판인 경우는, (0001)면(C면)을 주면(主面)으로서 (1120)면(A면) 혹은 (1100)면(M면)에 따른 방향으로 절단 기점 영역을 형성하는 것이 바람직하다.
- [0072] 또한, 상술한 절단 기점 영역을 형성해야 하는 방향(예를 들면, 단결정 실리콘 기판에 있어서의 (111)면에 따른 방향), 혹은 절단 기점 영역을 형성해야 하는 방향으로 직교하는 방향에 따라서 기판에 오리엔테이션 플랫(orientaion flat)을 형성하면, 그 오리엔테이션 플랫을 기준으로 함으로써, 절단 기점 영역을 형성해야 하는 방향에 따른 절단 기점 영역을 용이하게 하는 한편 정확하게 기판에 형성하는 것이 가능하게 된다.
- [0073] 다음에, 본 발명의 바람직한 실시 형태에 대하여 설명한다. 도 14는, 본 실시 형태의 레이저 가공 방법에 있어서의 가공 대상물의 평면도이고, 도 15는, 도 14에 나타내는 가공 대상물의 XV-XV선에 따른 부분 단면도이다.
- [0074] 도 14 및 도 15에 나타내는 바와 같이, 본 실시 형태에서는, 가공 대상물(1)은, 예를 들면 실리콘으로 이루어지는 두께 300 μm 의 기판(4)과, 복수의 기능 소자(15)를 포함하여 기판(4)의 표면(3)에 형성된 적층부(16)를 구비하고 있다. 기능 소자(15)는, 기판(4)의 표면(3)에 적층된 층간 절연막(17a)과, 층간 절연막(17a) 위에 배치된 배선층(19a)과, 배선층(19a)을 가리도록 층간 절연막(17a) 위에 적층된 층간 절연막(17b)과, 층간 절연막(17b) 위에 배치된 배선층(19b)을 가지고 있다. 배선층(19a)과 기판(4)은, 층간 절연막(17a)을 관통하는 도전성(導電性) 플러그(20a)에 의해서 전기적으로 접속되고, 배선층 19b와 배선층 19a는, 층간 절연막(17b)을 관통하는 도전성 플러그(20b)에 의해서 전기적으로 접속되어 있다.
- [0075] 기능 소자(15)로서는, 예를 들면, 결정 성장에 의해 형성된 반도체 동작층, 포토 다이오드(photodiode) 등의 수광(受光) 소자, 레이저 다이오드 등의 발광 소자, 회로로서 형성된 회로 소자, 반도체 디바이스 등을 들 수 있다.
- [0076] 또한, 기능 소자(15)는, 예를 들면, 기판(4)의 오리엔테이션 플랫(6)에 평행한 방향 및 수직인 방향으로 매트릭스 모양으로 다수 형성되어 있지만, 층간 절연막(17a, 17b)은, 기판(4)의 표면(3) 전체를 가리도록 서로 이웃하는 기능 소자(15, 15) 사이에 걸쳐 형성되고 있다.
- [0077] 이상과 같이 구성된 가공 대상물(1)을 이하와 같이 하여 기능 소자(15) 마다 절단한다. 우선, 도 16(a)에 나타내는 바와 같이, 적층부(16)를 가리도록 가공 대상물(1)에 보호 테이프(22)를 부착한다. 이어서, 도 16(b)에 나타내는 바와 같이, 기판(4)의 이면(21)을 위쪽으로 향하여 가공 대상물(1)을 레이저 가공 장치의 재치대(도시하지 않음) 위에 고정한다. 이 때, 보호 테이프(22)에 의해서, 적층부(16)가 재치대에 직접 접촉하는 것을 피할 수 있기 때문에, 각 기능 소자(15)를 보호할 수 있다.
- [0078] 그리고, 서로 이웃하는 기능 소자(15, 15) 사이를 통과하도록 절단 예정 라인(5)을 격자 모양으로 설정하고(도 14의 파선 참조), 이면(21)을 레이저 광 입사면으로 하여 기판(4)의 내부에 집광점(P)을 맞추어 레이저 광(L)을 다광자 흡수가 생기는 조건으로 조사하면서, 재치대의 이동에 의해 절단 예정 라인(5)을 따라서 집광점(P)을 스캔한다.

- [0079] 본 실시 형태에서는, 절단 예정 라인(5)을 따른 집광점(P)의 스캔을 1개의 절단 예정 라인(5)에 대해서 6회 실시하지만, 집광점(P)을 맞추는 위치의 이면(21)으로부터의 거리를 각 회마다 바꿈으로써, 표면(3) 측으로부터 순서대로, 1열의 품질 개질 영역(71), 3열의 분단 개질 영역(72), 및 2열의 HC(하프 컷(half cut)) 개질 영역(73)을 절단 예정 라인(5)을 따라서 기관(4)의 내부에 1열씩 형성한다. 각 개질 영역(71, 72, 73)은, 가공 대상물(1)을 절단할 때의 절단의 기점이 된다. 또한, 본 실시 형태의 기관(4)은 실리콘으로 이루어지는 반도체 기관이기 때문에, 각 개질 영역(71, 72, 73)은 용융 처리 영역이다. 또, 개질 영역(71, 72, 73)은, 상술한 개질 영역(7)과 마찬가지로, 연속적으로 형성된 개질 영역으로 이루어지는 것으로도 좋고, 소정의 간격을 두고 단속적으로 형성된 개질 영역으로 이루어지는 것으로도 좋다.
- [0080] 이와 같이, 각 개질 영역(71, 72, 73)을 기관(4)의 이면(21)으로부터 먼 순서로 일렬씩 형성함으로써, 각 개질 영역(71, 72, 73)을 형성할 때, 레이저 광 입사면인 이면(21)과 레이저 광(L)의 집광점(P) 사이에는 개질 영역이 존재하지 않기 때문에, 이미 형성된 개질 영역에 의한 레이저 광(L)의 산란(散亂), 흡수 등이 일어나지 않는다. 따라서, 각 개질 영역(71, 72, 73)을 절단 예정 라인(5)을 따라서 기관(4)의 내부에 정밀도 좋게 형성할 수 있다. 또, 기관(4)의 이면(21)을 레이저 광 입사면으로 함으로써, 적층부(16)의 절단 예정 라인(5) 위에 레이저 광(L)을 반사하는 부재(예를 들면, TEG)가 존재하여도, 각 개질 영역(71, 72, 73)을 절단 예정 라인(5)을 따라서 기관(4)의 내부에 확실히 형성할 수 있다.
- [0081] 각 개질 영역(71, 72, 73)을 형성한 후, 도 17(a)에 나타내는 바와 같이, 가공 대상물(1)의 기관(4)의 이면(21)에 익스펜드 테이프(23)를 부착한다. 이어서, 도 17(b)에 나타내는 바와 같이, 보호 테이프(22)에 자외선을 조사하여, 그 점착력을 저하시키고, 도 18(a)에 나타내는 바와 같이, 가공 대상물(1)의 적층부(16)로부터 보호 테이프(22)를 벗긴다.
- [0082] 보호 테이프(22)를 벗긴 후, 도 18(b)에 나타내는 바와 같이, 익스펜드 테이프(23)를 확장시켜서, 각 개질 영역(71, 72, 73)을 기점으로 하여 분열을 일으키게 하고, 기관(4) 및 적층부(16)를 절단 예정 라인(5)을 따라서 절단함과 동시에, 절단되어 얻어진 각 반도체 칩(25)(반도체 장치)을 서로 이간(離間)시킨다.
- [0083] 여기서, 개질 영역(71, 72, 73)의 형성 방법에 대하여 상세하게 설명한다. 도 19는, 개질 영역(71, 72, 73)이 형성된 가공 대상물(1)의 일부분을 나타내는 평면도이고, 도 20은, 도 19에 나타내는 가공 대상물(1)의 XX-XX선에 따른 부분 단면도이다.
- [0084] 품질 개질 영역(71)은, 레이저 광(L)을 조사할 때에, 선택적으로 연속 발진과 펄스 발진을 전환하는 것에 의해 형성된다. 레이저 광(L)의 발진은, 예를 들면, 레이저 광(L)을 제어하는 전원 컨트롤러(도시하지 않음)에 의해 전환된다. 레이저 광(L)을 펄스 발진시키면, 레이저 광(L)을 연속 발진시키는 경우에 비하여 에너지가 높기 때문에 가공 문턱값을 넘어, 기관(4)의 내부에 품질 개질 영역(71)을 확실히 형성할 수 있다. 이 때문에, 절단 예정 라인(5)의 소망한 부분(RP)을 따라서 레이저 광(L)을 펄스 발진시키고, 그 소망한 부분(RP) 이외의 부분(소정의 부분)(RC)을 따라서 레이저 광(L)을 연속 발진시키는 것에 의해, 소망한 부분(RP)을 따라서, 기관(4)의 내부에 품질 개질 영역(71)을 확실히 형성할 수 있다.
- [0085] 또, 소정의 부분(RC)을 따라서 레이저 광(L)을 연속 발진시키는 것에 의해, 에너지가 낮기 때문에 가공 문턱값을 넘지 않고, 소정의 부분(RC)을 따라서 레이저 광(L)을 펄스 발진시키는 경우에 비하여, 레이저 광(L)이 적층부(16)에 주는 데미지를 줄일 수 있다. 이 때문에, 기관(4) 및 적층부(16)를 절단할 때, 절단 예정 라인(5)의 소정의 부분(RC)에 있어서의 적층부(16)의 절단 정밀도를 향상시킬 수 있다. 따라서, 도 18(b)에 나타내는 바와 같이, 본 실시 형태의 레이저 가공 방법을 이용하여 제조된 반도체 칩(25)에 있어서는, 기관(4)의 절단면(측면)(4a), 및 적층부(16)의 절단면(측면)(16a)은, 요철이 억제된 고정밀의 절단면이 된다.
- [0086] 또, 본 실시 형태에서는, 도 19 및 도 20에 나타내는 바와 같이, 절단 예정 라인(5)의 소정의 부분(RC)을 따라서, 금속막(M)이 적층부(16) 내에 설치되어 있다. 이 소정의 부분(RC)을 따른 기관(4)의 내부에는, 상술한 적층부(16)에 생기는 데미지를 저감하는 관점으로부터, 품질 개질 영역(71)을 형성하지 않는 것이 바람직하다. 금속막(M)이 적층부(16) 내에 설치되어 있으면, 적층부(16)에 데미지가 생기기 쉬워진다. 이와 같은 데미지가 생기는 원인으로서는 이하가 고려된다. 레이저 광(L)을 집광하는 렌즈의 수차(收差) 등의 영향에 의해 레이저 광(L)의 일부의 성분이 금속막(M)으로 집광되어 버리는 일이 있다. 이 경우, 레이저 광(L)이 금속막(M)에 의해 반사되고, 반사광에 의해서 기관(4)이나 적층부(16)의 내부 또는 기관(4)과 적층부(16)와의 계면(界面)에 개질 영역이 형성되어 버린다. 특히, 기관(4)의 이면(21)이 입사면인 경우, 입사면에서 먼 측에 개질 영역을 형성할 때는, 렌즈의 수차의 영향을 받기 쉬워진다. 또, 적층부(16)는, 기관(4)에 비해 개질 영역이 형성되는데 필요한 에너지의 문턱값이 낮기 때문에, 적층부(16) 내에서는 개질 영역이 형성되기 쉽다. 다만, 적층부(16)에 데미지

가 생기는 원인은 이것들로 한정되지 않는다.

- [0087] 금속막(M)으로서는, 시험용 소자군(TEG)을 구성하는 금속 배선이나 금속 패드 등을 들 수 있다. 또, 금속막(M)은, 열에 의해서 박리(剝離)하는 막으로 하여도 좋다. 또한, 금속막(M)에 대신하여, 저유전율(低誘電率)막(low-k막) 등의 절연막이 적층부(16) 내에 설치되어 있는 것으로 하여도 좋다. 이 절연막은, 열에 의해서 박리하는 막으로 하여도 좋다. 저유전율막으로서는, 예를 들면, 유전율이 3.8(SiO_2 의 유전율)보다 작은 막을 들 수 있다.
- [0088] 또, 도 19에 나타내는 바와 같이, 절단 예정 라인(5)이 교차하는 부분(CP)에서는, 레이저 광(L)을 펄스 발진시키는 것이 바람직하다. 이것에 의해, 절단 예정 라인(5)이 교차하는 부분(CP)을 따라서, 기판(4)의 내부에 품질 개질 영역(71)이 확실히 형성된다. 이 때문에, 기판(4) 및 적층부(16)를 절단할 때는, 절단 예정 라인(5)이 교차하는 부분(CP)에 있어서의 칩핑(chipping) 등의 발생을 방지할 수 있다. 따라서, 기판(4) 및 적층부(16)의 절단 정밀도를 더욱 향상시킬 수 있다.
- [0089] 또, 도 20에 나타내는 바와 같이, 품질 개질 영역(71)은, 기판(4)의 표면(3)과 품질 개질 영역(71)의 표면 측 단부(71a)와의 거리가 $5\mu\text{m} \sim 20\mu\text{m}$ 가 되는 위치에, 혹은 기판(4)의 표면(3)과 품질 개질 영역(71)의 이면 측 단부(71b)와의 거리가 $[5 + (\text{기판(4)의 두께}) \times 0.1]\mu\text{m} \sim [20 + (\text{기판(4)의 두께}) \times 0.1]\mu\text{m}$ 가 되는 위치에 1열(列) 형성되는 것이 바람직하다. 여기서, 예를 들면, 확장 가능한 필름으로서의 익스펜드 테이프(23)를 기판(4)의 이면(21)에 부착하여 확장시키면, 절단 예정 라인(5)을 따라서 기판(4) 및 적층부(16)가 절단된다. 이 때, 상술한 위치에 품질 개질 영역(71)이 형성되어 있으면, 적층부(16)(여기서는, 층간 절연막(17a, 17b))의 고정밀의 절단이 가능하게 된다. 또, 기판(4)의 두께가 $300\mu\text{m}$ 와 같이 두꺼운 경우에 있어서도, 기판(4) 및 적층부(16)의 고정밀의 절단이 가능하게 된다.
- [0090] 또, 분단 개질 영역(72)의 형성에서는, 기판(4)의 두께 방향에 있어서 일련하게 되도록 분단 개질 영역(72)을 예를 들면 3열 형성한다. 또한, HC 개질 영역(73)의 형성에서는, 도 16(b)에 나타내는 바와 같이, HC 개질 영역(73)을 예를 들면 2열 형성함으로써, 절단 예정 라인(5)을 따른 분열(24)을 HC 개질 영역(73)으로부터 기판(4)의 이면(21)에 생기게 한다. 또한, 형성 조건에 따라서는, 서로 이웃하는 분단 개질 영역(72)과 HC 개질 영역(73)과의 사이에서도 분열(24)이 생기는 경우가 있다. 익스펜드 테이프(23)를 기판(4)의 이면(21)에 부착하여 확장시키면, 두께 방향에 있어서 일련하게 되도록 3열 형성된 분단 개질 영역(72)을 통하여 기판(4)으로부터 적층부(16)로 부드럽게 분열이 진행하게 되고, 그 결과, 기판(4) 및 적층부(16)를 절단 예정 라인(5)을 따라서 정밀도 좋게 절단할 수 있다.
- [0091] 또한, 기판(4)으로부터 적층부(16)로 부드럽게 분열을 진행시킬 수 있으면, 분단 개질 영역(72)은 3열로 한정되지 않는다. 일반적으로는, 기판(4)이 얇아지면 분단 개질 영역(72)의 열수를 감소시키고, 기판(4)이 두꺼워지면 분단 개질 영역(72)의 열수를 증가시키게 된다. 또, 기판(4)으로부터 적층부(16)로 부드럽게 분열을 진행시킬 수 있으면, 분단 개질 영역(72)은 서로 이간하고 있어도 좋다. 또한, HC 개질 영역(73)으로부터 기판(4)의 이면(21)에 분열(24)을 확실히 생기게 할 수 있으면, HC 개질 영역(73)은 1열로 하여도 좋다.
- [0092] 이상, 본 발명의 바람직한 실시 형태에 대하여 상세하게 설명하였으나, 본 발명은 상기 실시 형태로 한정되지 않는다.
- [0093] 예를 들면, 상기 실시 형태에서는, 품질 개질 영역(71)을 형성할 때에, 선택적으로 펄스 발진과 연속 발진을 전환하였으나, 다른 개질 영역을 형성할 때에, 선택적으로 펄스 발진과 연속 발진을 전환하여도 좋다. 다른 개질 영역으로서는, 예를 들면, 분단 개질 영역(72), HC 개질 영역(73) 등을 들 수 있다. 이들 중에서도, 절단 정밀도를 향상시키는 관점으로부터, 가장 디바이스 측에 위치하는 품질 개질 영역(71)을 형성할 때에, 선택적으로 펄스 발진과 연속 발진을 전환하는 것이 바람직하다.
- [0094] 또, 가공 대상물(1)은, GaAs 웨이퍼 또는 두께 $100\mu\text{m}$ 이하의 실리콘 웨이퍼로 하여도 좋다. 이러한 경우, 절단 예정 라인(5)을 따라서 가공 대상물(1)의 내부에 개질 영역을 1열 형성하는 것에 의해, 가공 대상물(1)의 절단을 충분히 고정밀도로 실시할 수 있다.
- [0095] 또, 개질 영역(71, 72, 73)은, 가공 대상물(1)의 내부에서 생기는 다광자 흡수에 의해 형성되는 것으로 한정되지 않는다. 개질 영역(71, 72, 73)은, 다광자 흡수와 동등한 광 흡수를 가공 대상물(1)의 내부에서 생기게 하는 것에 의해 형성되는 것으로 하여 좋다.
- [0096] 또, 본 실시 형태에 있어서는, 가공 대상물(1)로서 실리콘계의 반도체 웨이퍼를 이용하고 있지만, 반도체 웨이퍼의 재료는 이것으로 한정되는 것은 아니다. 반도체 웨이퍼의 재료로서는, 예를 들면, 실리콘 이외의 IV족 원

소 반도체, SiC와 같은 IV족 원소를 포함한 화합물 반도체, III-V족 원소를 포함한 화합물 반도체, II-VI족 원소를 포함한 화합물 반도체, 또한 여러 가지의 도펀트(dopant)(불순물)가 도프(dope)된 반도체 등을 들 수 있다.

[0097] 이하, 본 실시 형태의 레이저 가공 방법의 일실시예에 대하여 상세하게 설명하지만, 본 발명은 이 실시예로 한정되지 않는다. 도 21(a) 및 도 21(b)는, 본 실시예의 레이저 가공 방법에 있어서의 가공 대상물의 평면도이다. 도 22는, 도 21(b)에 나타난 가공 대상물의 기관의 절단면(4a)의 사진을 나타낸 도이고, 도 20에 대응한다.

[0098] 우선, 기능 소자(15, 15) 사이에 위치하는 절단 예정 라인(5)의 소망한 부분(RP)을 따라서, 레이저 광(L)을 펄스 발진시키는 것에 의해, 가공 대상물의 내부에 품질 개질 영역(71)을 형성한다. 한편, 절단 예정 라인(5)의 소정의 부분(RC)을 따라서, 레이저 광(L)을 연속 발진시키는 것에 의해, 가공 대상물의 내부에는 품질 개질 영역(71)을 형성하지 않는다. 또한, 기관의 이면(21)이 레이저 광의 입사면이다. 다음에, 절단 예정 라인(5)을 따라서, 분단 개질 영역(72) 및 HC 개질 영역(73)을 형성한다. 그 결과, 도 21(a)에 나타내는 바와 같이, 절단 예정 라인(5)의 소정의 부분(RC)을 따른 적층부(16)에는 금속막(M)이 포함되지만, 레이저 광에 의한 적층부(16)의 데미지가 확인되지 않는다.

[0099] 개질 영역(71, 72, 73)을 형성한 후, 가공 대상물에 익스펜드 테이프를 부착하여, 익스펜드 장치에 의해 익스펜드 테이프를 확장시킴으로써 가공 대상물을 절단한다(도 21(b) 참조). 도 21(b)에 나타내는 바와 같이, 절단면(16a)에는 요철이 보이지 않으며 고정밀도로 절단되고 있는 것이 확인된다. 이와 같이 하여 절단된 가공 대상물의 기관의 절단면(4a)을 촬영한 사진이, 도 22에 도로서 나타내어져 있다. 도 22에 나타내는 바와 같이, 절단 예정 라인(5)의 소정의 부분(RC)을 따른 가공 대상물의 내부에는 품질 개질 영역(71)이 형성되어 있지 않다.

[0100] 이어서, 상기 실시예에 있어서 개질 영역(71, 72, 73)을 형성할 때의 레이저 가공 조건에 대하여 설명한다. 레이저 광(L)의 펄스 폭은 180ns이고, 레이저 광(L)의 조사 위치 간격(펄스 피치)은 4 μ m이며, 레이저 광(L)의 주파수는 75kHz이다. 또, 가공 대상물이 실어 놓인 스테이지의 이동 속도는 300mm/s이다. 또한, 입사면이 되는 이면(21)으로부터 집광점(P)까지의 거리(집광점 위치)와 레이저 광(L)의 에너지 및 단위 시간 에너지와의 관계는, 표 1에 나타낸 바와 같다.

표 1

	집광점 위치 (μ m)	에너지 (μ J)	단위시간 에너지 (W)
품질개질영역 7 1	290	9.5	0.71
분단개질영역 7 2	180	15	1.13
분단개질영역 7 2	144	15	1.13
HC개질영역 7 3	85	5	0.38
HC개질영역 7 3	46	5	0.38

[0101]

[0102] 한편, 도 23(a) 및 도 23(b)은, 레이저 가공 방법의 일례에 있어서의 가공 대상물의 평면도이다. 도 24는, 도 23(b)에 나타난 가공 대상물의 기관의 절단면(104a)의 사진을 나타낸 도이다.

[0103] 우선, 기능 소자(115, 115) 사이에 위치하는 절단 예정 라인(105)을 따라서, 레이저 광을 조사하는 것에 의해, 가공 대상물의 내부에 개질 영역(171, 172, 173)을 형성한다. 또한, 기관의 이면(121)이 레이저 광의 입사면이다. 이 경우, 도 23(a)에 나타내는 바와 같이, 레이저 광을 절단 예정 라인(105)을 따라서 조사하기 때문에, 금속막(100M)을 포함한 적층부(116)에는 막의 박리 등의 데미지가 생기고 있다.

[0104] 개질 영역(171, 172, 173)을 형성한 후, 가공 대상물에 익스펜드 테이프를 부착하고, 익스펜드 장치에 의해 익스펜드 테이프를 확장시킴으로써 가공 대상물을 절단한다(도 23(b) 참조). 도 23(b)에 나타내는 바와 같이, 절단면(116a)에는 요철이 보이고, 절단 정밀도가 불충분한 것이 확인된다. 이와 같이 하여 절단된 가공 대상물의 기관의 104a를 촬영한 사진이, 도 24에 도로서 나타내고 있다. 도 24에 나타내는 바와 같이, 가공 대상물의 내부에는, 절단 예정 라인(105)을 따라서 개질 영역(171)이 형성되어 있다.

산업상 이용가능성

[0105] 본 발명에 의하면, 절단 예정 라인의 소망한 부분을 따라서, 가공 대상물의 내부에 개질 영역을 확실히 형성할

수 있다.

부호의 설명

- [0106]
- 1 : 가공 대상물

3 : 표면

4 : 기관

4a : 절단면(측면)

5 : 절단 예정 라인

7 : 개질 영역

8 : 절단 기점(起点) 영역

13 : 용융 처리 영역

16 : 적층부

25 : 반도체 칩(chip)(반도체 장치)

71 : 품질 개질 영역

71a : 표면 측 단부

71b : 이면 측 단부

L : 레이저 광

CP : 절단 예정 라인이 교차하는 부분

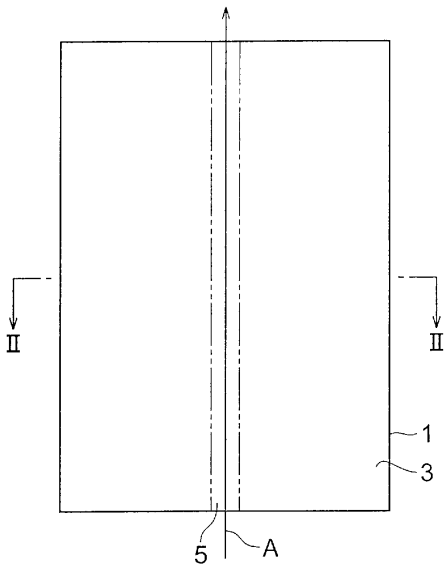
M : 금속막

P : 집광점(集光点)

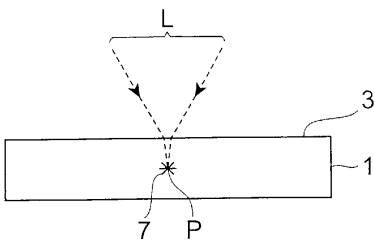
RC : 절단 예정 라인의 소정의 부분

도면

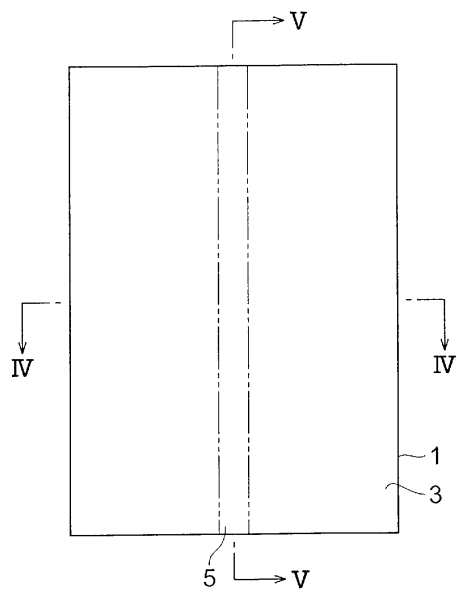
도면1



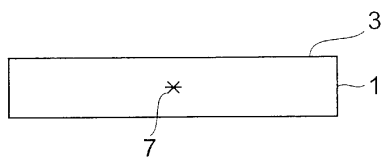
도면2



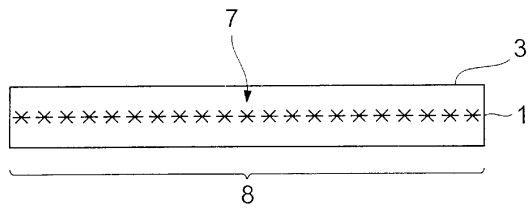
도면3



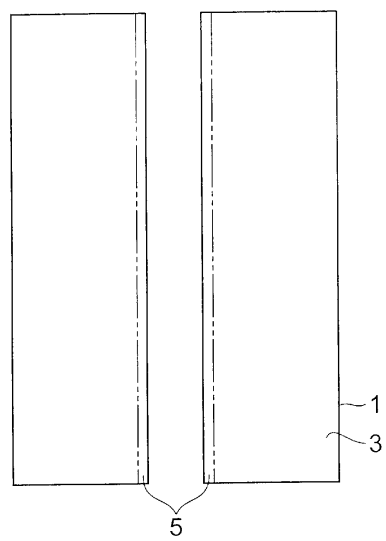
도면4



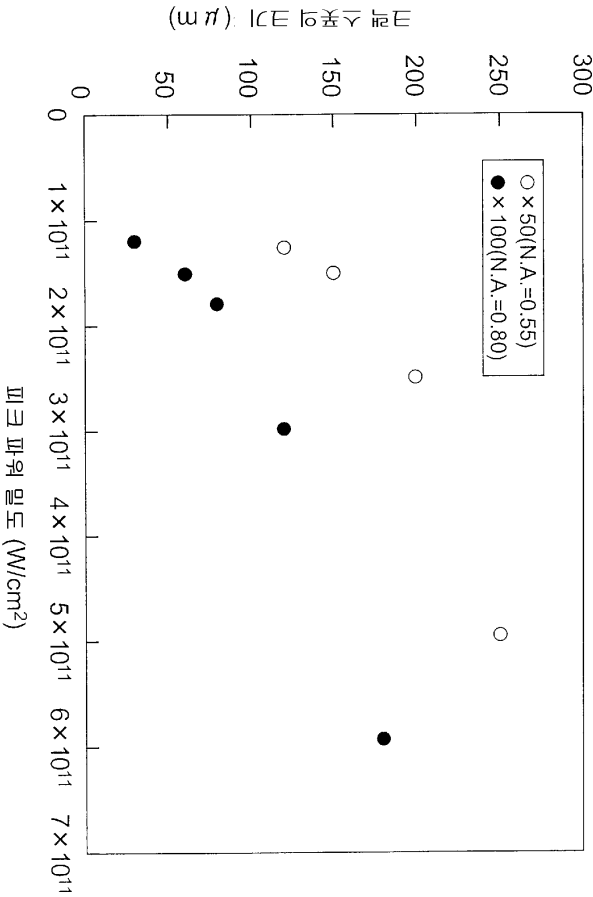
도면5



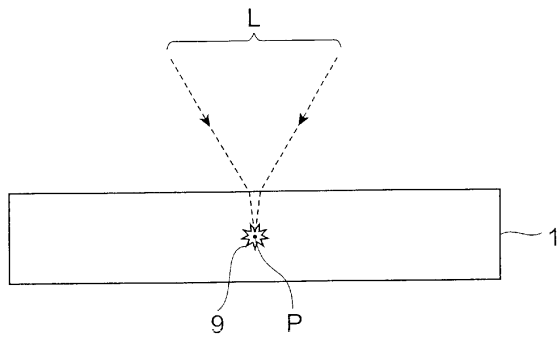
도면6



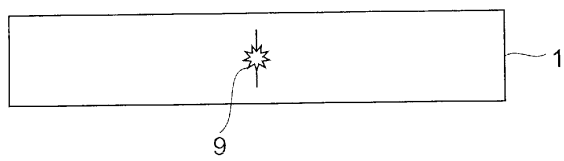
도면7



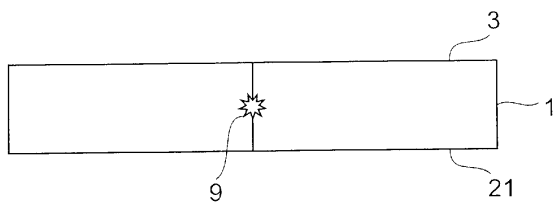
도면8



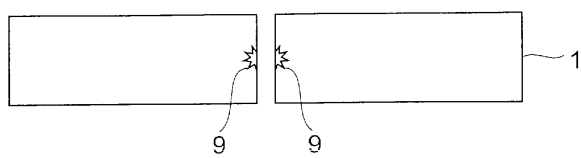
도면9



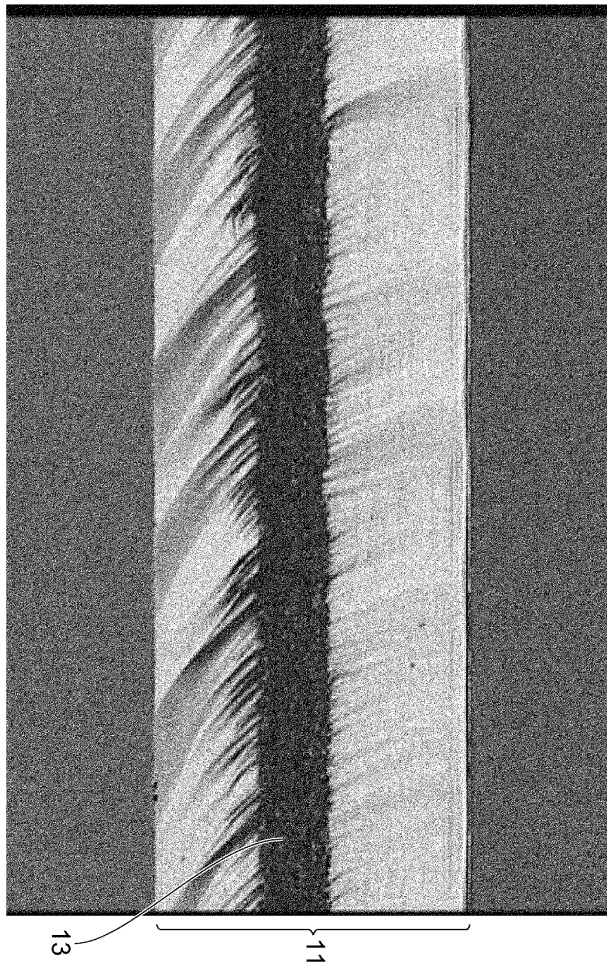
도면10



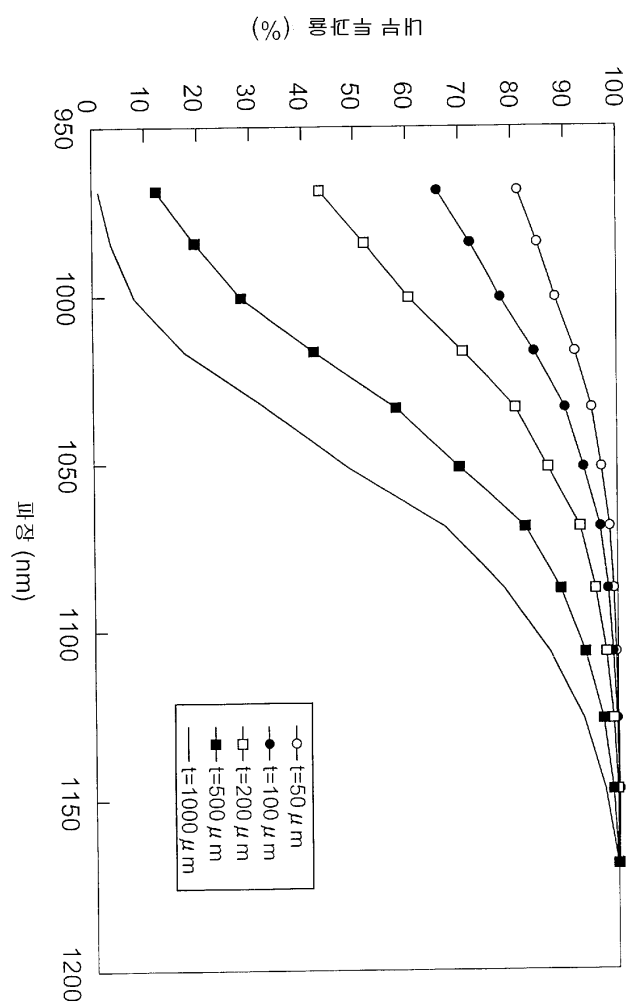
도면11



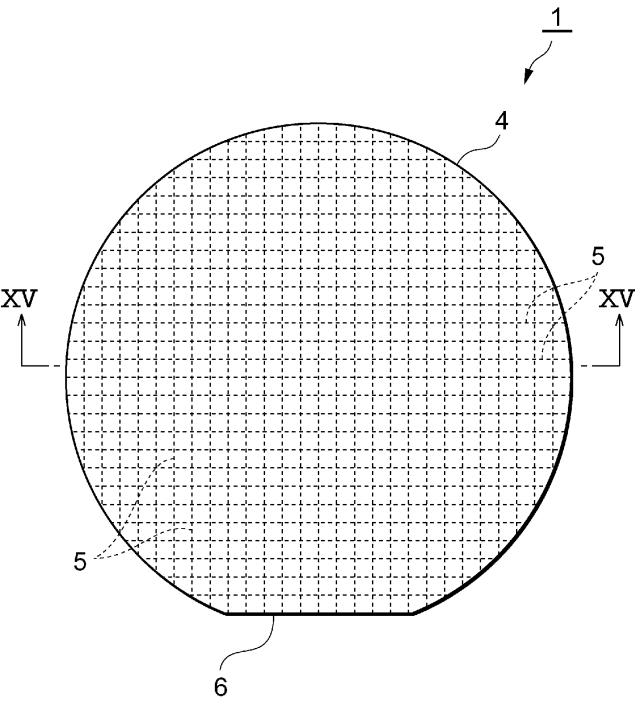
도면12



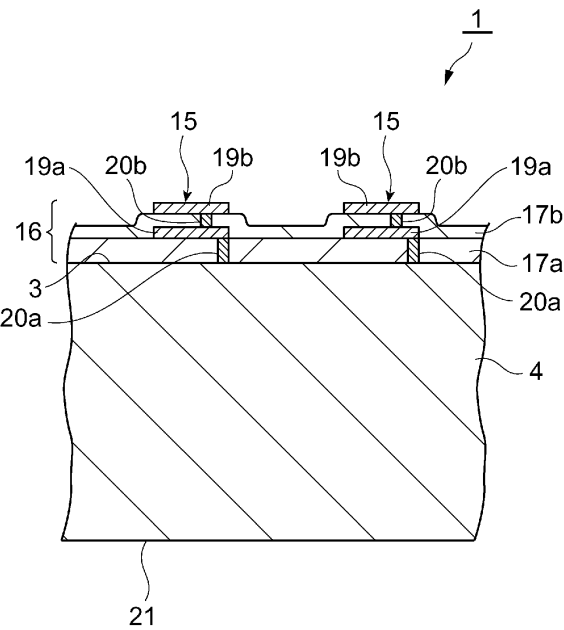
도면13



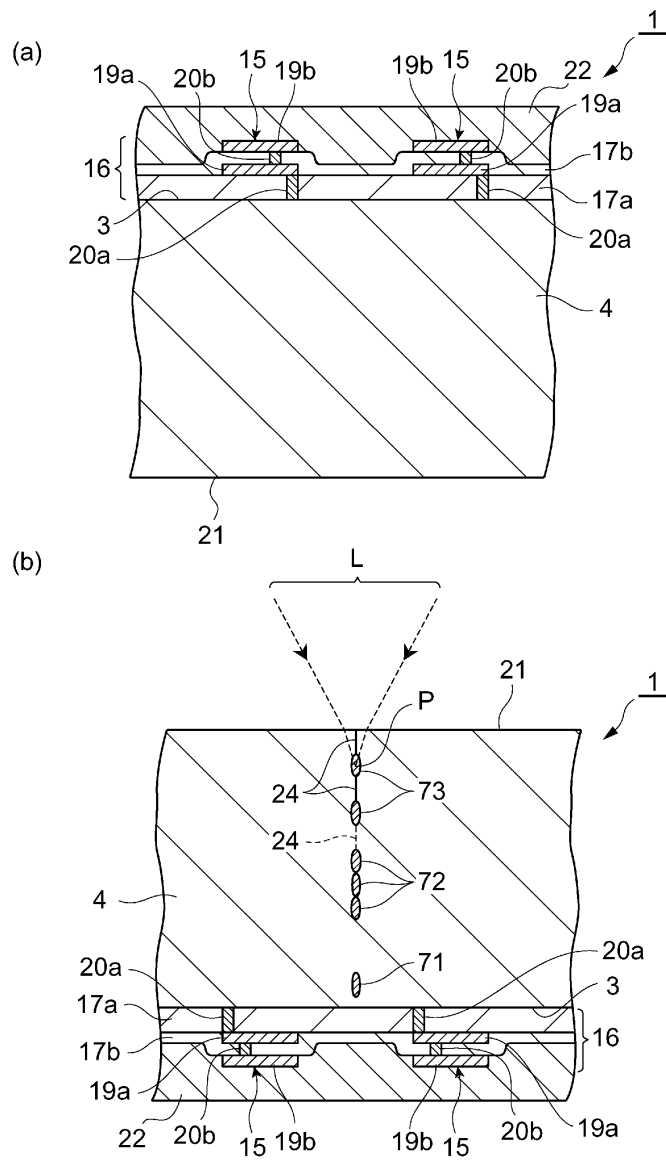
도면14



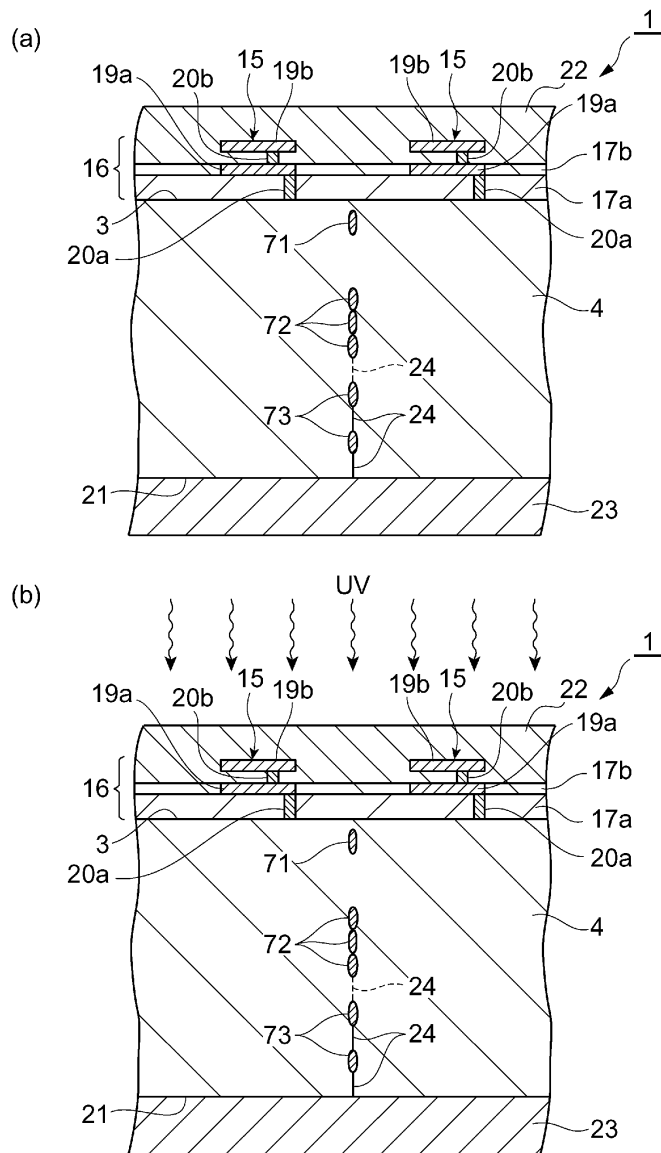
도면15



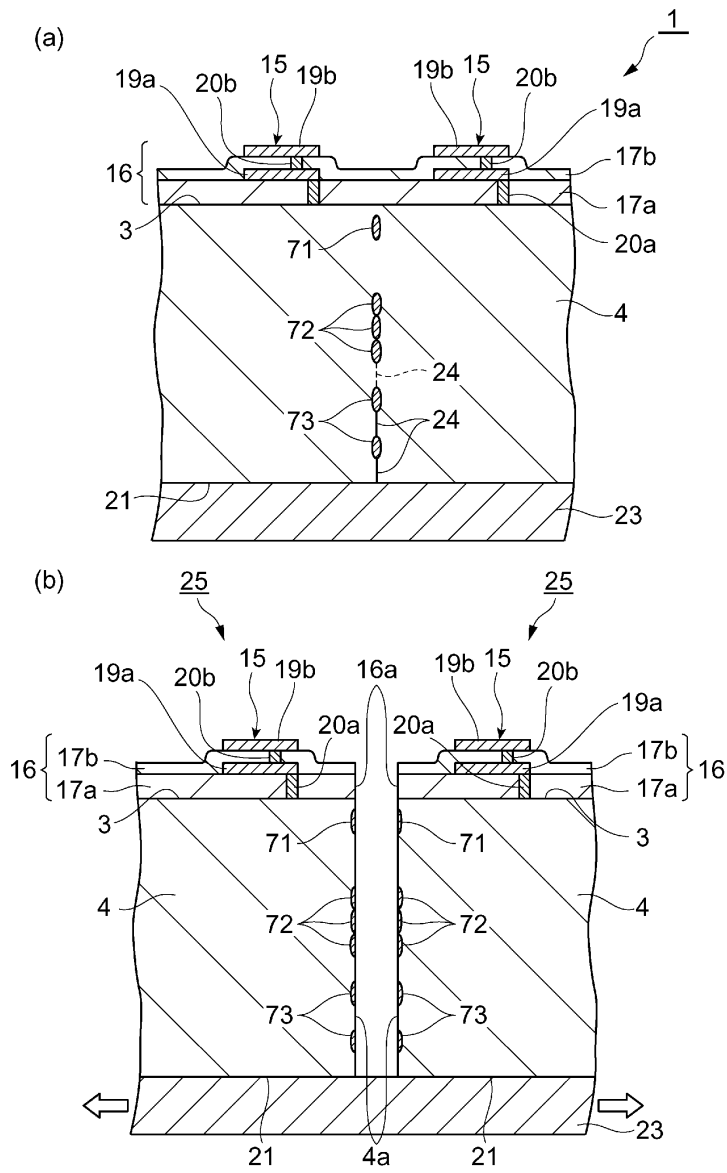
도면16



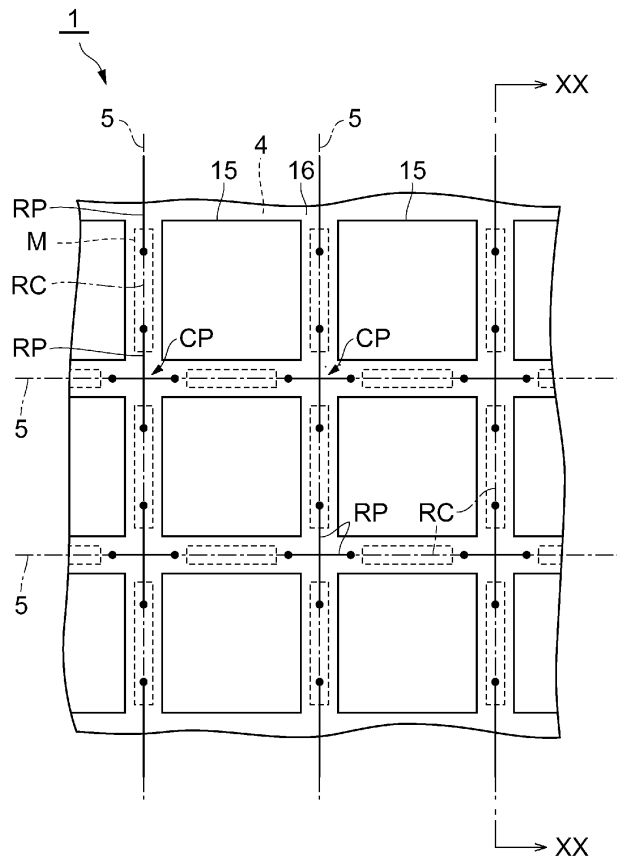
도면17



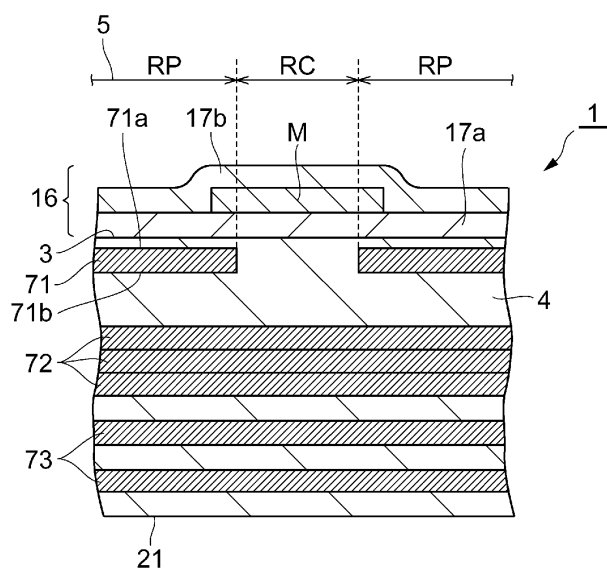
도면18



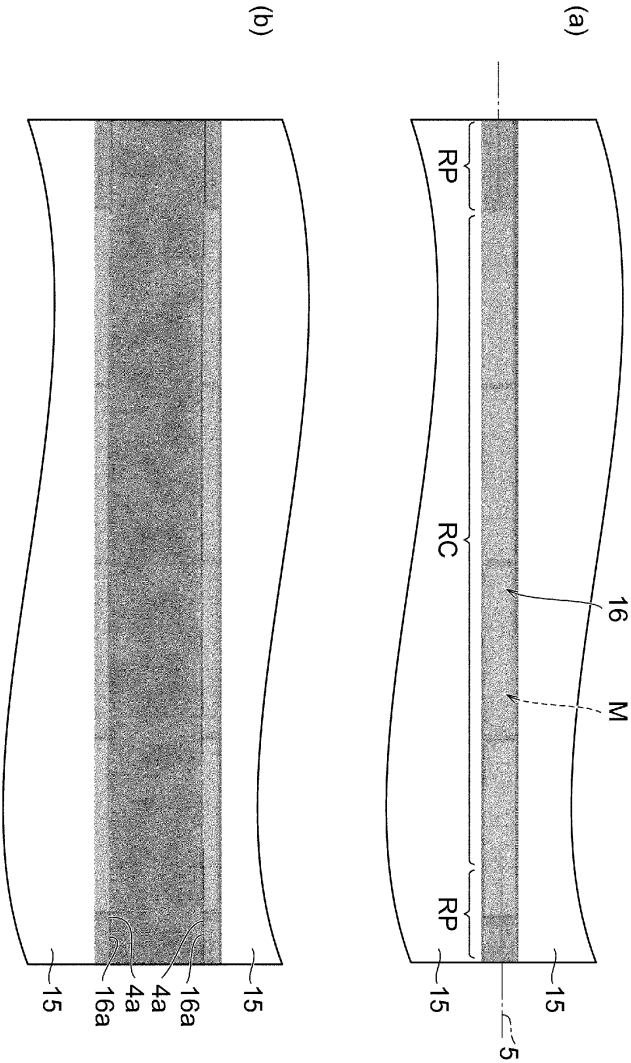
도면19



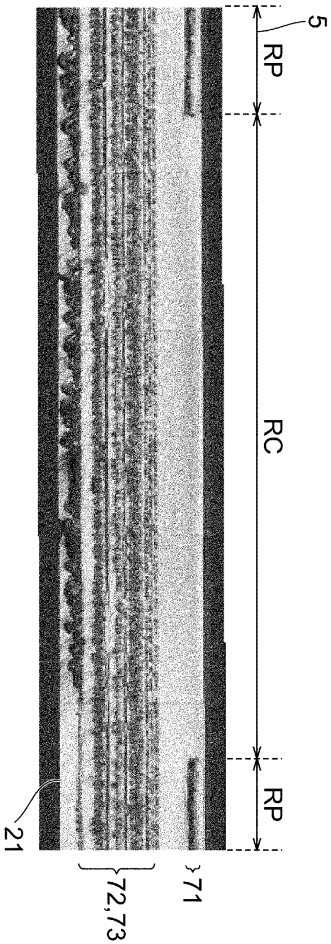
도면20



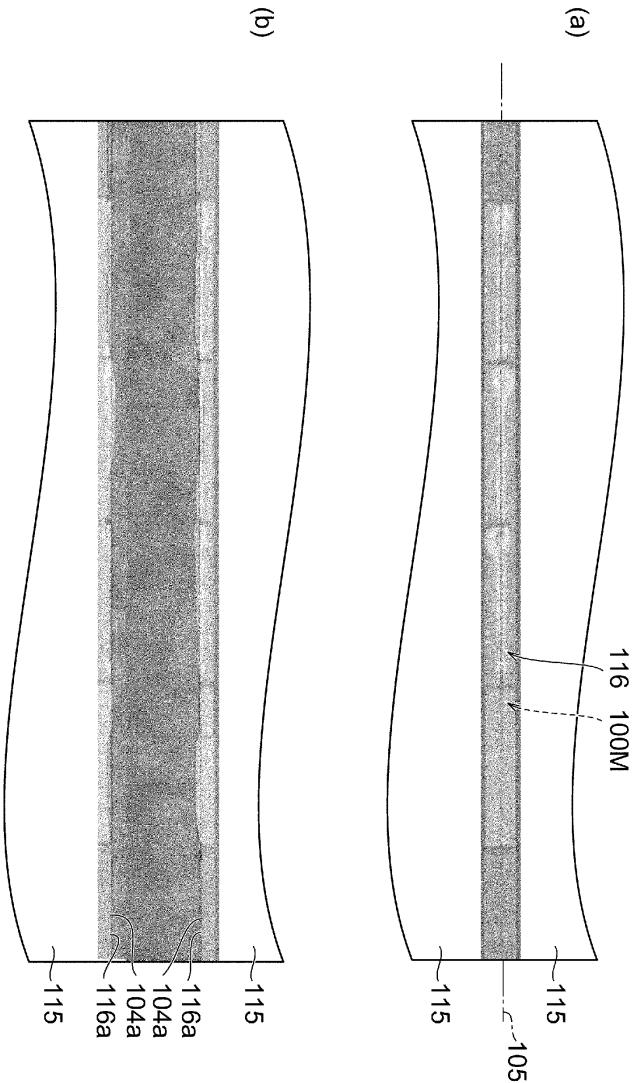
도면21



도면22



도면23



도면24

