



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2012-0037369
(43) 공개일자 2012년04월19일

- | | |
|---|---|
| <p>(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
 B23K 26/00 (2006.01) B23K 26/06 (2006.01)
 B23K 26/067 (2006.01) B23K 26/38 (2006.01)</p> <p>(21) 출원번호 10-2011-7025336</p> <p>(22) 출원일자(국제) 2010년08월06일
 심사청구일자 없음</p> <p>(85) 번역문제출일자 2011년10월26일</p> <p>(86) 국제출원번호 PCT/JP2010/063352</p> <p>(87) 국제공개번호 WO 2011/018989
 국제공개일자 2011년02월17일</p> <p>(30) 우선권주장
 JP-P-2009-186586 2009년08월11일 일본(JP)</p> | <p>(71) 출원인
 하마마츠 포토닉스 가부시키가이샤
 일본국 시주오카켄 하마마츠시 히가시쿠 이치노초 1126-1</p> <p>(72) 발명자
 후쿠미츠 겐시
 일본국 시주오카켄 하마마츠시 히가시쿠 이치노초 1126-1 하마마츠 포토닉스 가부시키가이샤 내</p> <p>(74) 대리인
 특허법인태평양</p> |
|---|---|

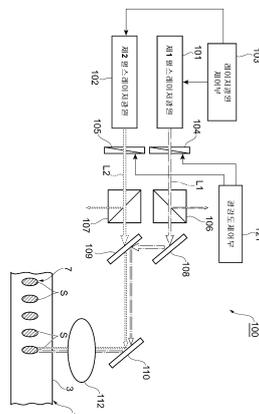
전체 청구항 수 : 총 12 항

(54) 발명의 명칭 **레이저 가공장치 및 레이저 가공방법**

(57) 요약

개질스폿의 제어성을 향상시킨다. 레이저 가공장치(100)는 제1 펄스레이저광(L1)을 출사하는 제1 레이저광원(101)과, 제2 펄스레이저광(L2)을 출사하는 제2 레이저광원(102)과, 펄스레이저광(L1, L2)의 편광방향을 각각 변화시키는 1/2파장판(104, 105)과, 편광방향이 변화된 펄스레이저광(L1, L2)을 각각 편광분리하는 편광 빔스플리터(106, 107)와, 편광분리된 펄스레이저광(L1, L2)을 가공대상물(1)에 집광시키는 집광렌즈(112)를 구비하고 있다. 레이저 가공장치(100)에서는 광강도제어부(121)에 의해 1/2파장판(104, 105)에서 변화시키는 펄스레이저광(L1, L2)의 편광방향이 가변되면, 편광 빔스플리터(106, 107)에서 편광분리하는 펄스레이저광(L1, L2)의 비율이 가변되고, 그 결과, 펄스레이저광(L1, L2)의 각 강도가 조정된다.

대표도 - 도9



특허청구의 범위

청구항 1

가공대상물에 복수의 펄스레이저광을 집광시켜, 상기 가공대상물의 내부에 개질(改質)스폿을 절단예정라인을 따라서 복수 형성하고, 복수의 상기 개질스폿에 의해서 개질영역을 형성하는 레이저 가공장치로서,

제1의 파장을 가지는 제1의 펄스레이저광을 출사하는 제1의 레이저광원과,

상기 제1의 파장과는 다른 제2의 파장을 가지는 제2의 펄스레이저광을 출사하는 제2의 레이저광원과,

상기 제1의 펄스레이저광의 편광방향을 변화시키는 제1의 1/2파장판과,

상기 제2의 펄스레이저광의 편광방향을 변화시키는 제2의 1/2파장판과,

상기 제1의 1/2파장판에서 편광방향이 변화된 상기 제1의 펄스레이저광 및 상기 제2의 1/2파장판에서 편광방향이 변화된 상기 제2의 펄스레이저광을 편광분리하는 편광분리수단과,

상기 편광분리수단에서 편광분리된 상기 제1 및 제2의 펄스레이저광을 상기 가공대상물에 집광(集光)시키는 집광렌즈와,

상기 제1 및 제2의 1/2파장판에서 변화시키는 상기 제1 및 제2의 펄스레이저광의 편광방향을 가변함으로써, 상기 제1 및 제2의 펄스레이저광의 강도를 제어하는 광강도 제어수단을 구비한 것을 특징으로 하는 레이저 가공장치.

청구항 2

가공대상물에 복수의 펄스레이저광을 집광시켜, 상기 가공대상물의 내부에 개질스폿을 절단예정라인을 따라서 복수 형성하고, 복수의 상기 개질스폿에 의해서 개질영역을 형성하는 레이저 가공장치로서,

제1의 파장을 가지는 제1의 펄스레이저광을 출사하는 제1의 레이저광원과,

상기 제1의 펄스레이저광이 입사되고, 이 제1의 펄스레이저광 및 상기 제1의 파장과는 다른 제2의 파장을 가지는 제2의 펄스레이저광을 출사하는 비선형 광학결정과,

상기 제1의 펄스레이저광의 편광방향을 변화시키는 제1의 1/2파장판과,

상기 제2의 펄스레이저광의 편광방향을 변화시키는 제2의 1/2파장판과,

상기 제1의 1/2파장판에서 편광방향이 변화된 상기 제1의 펄스레이저광 및 상기 제2의 1/2파장판에서 편광방향이 변화된 상기 제2의 펄스레이저광을 편광분리하는 편광분리수단과,

상기 편광분리수단에서 편광분리된 상기 제1 및 제2의 펄스레이저광을 상기 가공대상물에 집광시키는 집광렌즈와,

상기 제1 및 제2의 1/2파장판에서 변화시키는 상기 제1 및 제2의 펄스레이저광의 편광방향을 가변함으로써, 상기 제1 및 제2의 펄스레이저광의 강도를 제어하는 광강도 제어수단을 구비한 것을 특징으로 하는 레이저 가공장치.

청구항 3

청구항 2에 있어서,

상기 제1의 레이저광원으로부터 출사되는 상기 제1의 펄스레이저광의 펄스폭을 제어하는 펄스폭 제어수단을 구비하고,

상기 펄스폭 제어수단은 상기 제1의 펄스레이저광의 펄스폭을 변경함으로써, 상기 비선형 광학결정으로부터 상기 제2의 펄스레이저광이 출사되지 않도록 상기 비선형 광학결정의 고조파 변환효율을 저하시키는 것을 특징으로 하는 레이저 가공장치.

청구항 4

청구항 1 내지 3 중 어느 한 항에 있어서,

상기 제1 및 제2의 펄스레이저광을 동축화하는 동축화수단을 구비하고 있는 것을 특징으로 하는 레이저 가공장치.

청구항 5

청구항 1 내지 4 중 어느 한 항에 있어서,

상기 편광분리수단은,

상기 제1의 1/2파장판에서 편광방향이 변화된 상기 제1의 펄스레이저광을 편광분리하는 제1의 편광 빔스플리터와,

상기 제2의 1/2파장판에서 편광방향이 변화된 상기 제2의 펄스레이저광을 편광분리하는 제2의 편광 빔스플리터를 포함하는 것을 특징으로 하는 레이저 가공장치.

청구항 6

청구항 1 내지 5 중 어느 한 항에 있어서,

상기 광강도 제어수단에서는 상기 제1의 펄스레이저광의 강도의 제어가능폭이 상기 제2의 펄스레이저광의 강도의 제어가능폭보다도 크게 되어 있는 것을 특징으로 하는 레이저 가공장치.

청구항 7

청구항 1 내지 6 중 어느 한 항에 있어서,

상기 광강도 제어수단은 상기 제1의 펄스레이저광의 강도를, 상기 제1의 펄스레이저광만을 상기 가공대상물에 집광시킨 경우에 상기 개질스폿이 형성되는 강도문턱값보다도 작게 되도록 제어하는 것을 특징으로 하는 레이저 가공장치.

청구항 8

가공대상물에 복수의 펄스레이저광을 집광시켜, 상기 가공대상물의 내부에 개질스폿을 절단예정라인을 따라서 복수 형성하고, 복수의 상기 개질스폿에 의해서 개질영역을 형성하는 레이저 가공장치로서,

제1의 파장을 가지는 제1의 펄스레이저광을 출사하는 제1의 레이저광원과,

상기 제1의 파장과는 다른 제2의 파장을 가지는 제2의 펄스레이저광을 출사하는 제2의 레이저광원과,

상기 제1 및 제2의 펄스레이저광을 상기 가공대상물에 집광시키는 집광렌즈를 구비하며,

상기 제1의 펄스레이저광의 강도는 상기 제1의 펄스레이저광만을 상기 가공대상물에 집광시킨 경우에 상기 개질스폿이 형성되는 강도문턱값보다도 작게 되는 것을 특징으로 하는 레이저 가공장치.

청구항 9

가공대상물에 복수의 펄스레이저광을 집광시켜, 상기 가공대상물의 내부에 개질스폿을 절단예정라인을 따라서 복수 형성하고, 복수의 상기 개질스폿에 의해서 개질영역을 형성하는 레이저 가공장치로서,

제1의 파장을 가지는 제1의 펄스레이저광을 출사하는 제1의 레이저광원과,

상기 제1의 펄스레이저광이 입사되고, 이 제1의 펄스레이저광 및 상기 제1의 파장과는 다른 제2의 파장을 가지는 제2의 펄스레이저광을 출사하는 비선형 광학결정과,

상기 제1 및 제2의 펄스레이저광을 상기 가공대상물에 집광시키는 집광렌즈를 구비하며,

상기 제1의 펄스레이저광의 강도는 상기 제1의 펄스레이저광만을 상기 가공대상물에 집광시킨 경우에 상기 개질스폿이 형성되는 강도문턱값보다도 작게 되는 것을 특징으로 하는 레이저 가공장치.

청구항 10

청구항 1 내지 9 중 어느 한 항에 있어서,

상기 제1의 펄스레이저광의 파장은 상기 제2의 펄스레이저광의 파장보다도 긴 것을 특징으로 하는 레이저 가공 장치.

청구항 11

가공대상물에 복수의 펄스레이저광을 집광시켜, 상기 가공대상물의 내부에 개질스폿을 절단예정라인을 따라서 복수 형성하고, 복수의 상기 개질스폿에 의해서 개질영역을 형성하는 레이저 가공방법으로서,

제1의 파장을 가지는 제1의 펄스레이저광 및 상기 제1의 파장과는 다른 제2의 파장을 가지는 제2의 펄스레이저광을 집광렌즈에서 상기 가공대상물에 집광시키는 공정을 포함하고,

상기 공정에서는, 상기 제1의 펄스레이저광의 강도를, 상기 제1의 펄스레이저광만을 상기 가공대상물에 집광시킨 경우에 상기 개질스폿이 형성되는 강도문턱값보다도 작게 하는 것을 특징으로 하는 레이저 가공방법.

청구항 12

청구항 11에 있어서,

상기 제1의 펄스레이저광의 파장은 상기 제2의 펄스레이저광의 파장보다도 긴 것을 특징으로 하는 레이저 가공 방법.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 가공대상물에 개질(改質)영역을 형성하기 위한 레이저 가공장치 및 레이저 가공방법에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 종래의 레이저 가공장치로서는, 서로 파장이 다른 제1 및 제2 레이저광을 가공대상물에 집광함으로써, 가공대상물을 절단하는 것이 알려져 있다. 예를 들면 하기 특허문헌 1에는 제1 자외광파장의 제1 방사필스와 제1 자외광 파장보다 긴 제2 자외광파장의 제2 방사필스를 이용하여 기관의 일부를 절제하는 레이저 가공장치가 기재되어 있다. 또, 예를 들면 하기 특허문헌 2에는 레이저광의 발진파(發振波)와 그 고조파(高調波)를 이용하여 가공대상물을 절단하는 레이저 가공장치가 기재되어 있다.

[0003] 또, 최근, 예를 들면 하기 특허문헌 3에 기재되어 있는 바와 같이, 가공대상물에 펄스레이저광을 집광시켜, 가공대상물의 내부에 개질스폿(spot)을 절단예정라인을 따라서 복수 형성하고, 복수의 개질스폿에 의해서 개질영역을 형성하는 레이저 가공장치가 개발되고 있다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0004] (특허문헌 0001) [특허문헌 1] 일본국 특개평2-182389호 공보
- (특허문헌 0002) [특허문헌 2] 일본국 특허 제2604395호 공보
- (특허문헌 0003) [특허문헌 3] 일본국 특개2004-337903호 공보

발명의 내용

해결하려는 과제

[0005] 여기서, 상술한 같은 레이저 가공장치에서는, 개질스폿의 제어성을 향상시키는 것이 요구되고 있다. 즉, 예를 들면, 가공대상물의 두께나 재질 등에 따라서, 개질스폿의 크기나 개질스폿으로부터 발생하는 균열의 길이(이하, 간단히 「균열길이」라고 함)를 정밀도 좋게 제어하는 것이 요구되고 있다.

[0006] 그래서, 본 발명은 개질스폿의 제어성을 향상시킬 수 있는 레이저 가공장치 및 레이저 가공방법을 제공하는 것을 과제로 한다.

과제의 해결 수단

- [0007] 상기 과제를 해결하기 위해, 본 발명에 관한 레이저 가공장치는, 가공대상물에 복수의 펄스레이저광을 집광시켜, 가공대상물의 내부에 개질스폿을 절단예정라인을 따라서 복수 형성하고, 복수의 개질스폿에 의해서 개질영역을 형성하는 레이저 가공장치로서, 제1의 파장을 가지는 제1의 펄스레이저광을 출사하는 제1의 레이저광원과, 제1의 파장과는 다른 제2의 파장을 가지는 제2의 펄스레이저광을 출사하는 제2의 레이저광원과, 제1의 펄스레이저광의 편광방향을 변화시키는 제1의 1/2파장판과, 제2의 펄스레이저광의 편광방향을 변화시키는 제2의 1/2파장판과, 제1의 1/2파장판에서 편광방향이 변화된 제1의 펄스레이저광 및 제2의 1/2파장판에서 편광방향이 변화된 제2의 펄스레이저광을 편광분리하는 편광분리수단과, 편광분리수단에서 편광분리된 제1 및 제2의 펄스레이저광을 가공대상물에 집광시키는 집광렌즈와, 제1 및 제2의 1/2파장판에서 변화시키는 제1 및 제2의 펄스레이저광의 편광방향을 가변함으로써, 제1 및 제2의 펄스레이저광의 강도를 제어하는 광강도 제어수단을 구비한 것을 특징으로 한다.
- [0008] 또, 본 발명에 관한 레이저 가공장치는, 가공대상물에 복수의 펄스레이저광을 집광시켜, 가공대상물의 내부에 개질스폿을 절단예정라인을 따라서 복수 형성하고, 복수의 개질스폿에 의해서 개질영역을 형성하는 레이저 가공장치로서, 제1의 파장을 가지는 제1의 펄스레이저광을 출사하는 제1의 레이저광원과, 제1의 펄스레이저광이 입사되고, 이 제1의 펄스레이저광 및 제1의 파장과는 다른 제2의 파장을 가지는 제2의 펄스레이저광을 출사하는 비선형 광학결정, 제1의 펄스레이저광의 편광방향을 변화시키는 제1의 1/2파장판과, 제2의 펄스레이저광의 편광방향을 변화시키는 제2의 1/2파장판과, 제1의 1/2파장에서 편광방향이 변화된 제1의 펄스레이저광 및 제2의 1/2파장판에서 편광방향이 변화된 제2의 펄스레이저광을 편광분리하는 편광분리수단과, 편광분리수단에서 편광분리된 제1 및 제2의 펄스레이저광을 가공대상물에 집광시키는 집광렌즈와, 제1 및 제2의 1/2파장판에서 변화시키는 제1 및 제2의 펄스레이저광의 편광방향을 가변함으로써, 제1 및 제2의 펄스레이저광의 강도를 제어하는 광강도 제어수단을 구비한 것을 특징으로 한다.
- [0009] 이와 같은 본 발명에서는, 광강도 제어수단에 의해서 제1 및 제2의 1/2파장판에서 변화시키는 제1 및 제2의 펄스레이저광의 편광방향이 가변되면, 편광분리수단에서 편광분리하는 제1 및 제2의 펄스레이저광의 비율이 가변된다. 그 결과, 제1 및 제2의 펄스레이저광의 강도가 각각 조정된다. 따라서, 예를 들면 제1 및 제2의 펄스레이저광의 펄스폭을 크게 변경하지 않고, 제1 및 제2의 펄스레이저광의 강도가 각각 소망하는 대로 제어되게 된다. 따라서, 개질스폿의 크기나 균열길이가 바람직한 품질이 좋은 개질스폿을 정밀도 좋게 형성할 수 있다. 즉, 본 발명에 의하면, 개질스폿의 제어성을 향상시키는 것이 가능하게 된다.
- [0010] 여기서, 제1의 레이저광원으로부터 출사되는 제1의 펄스레이저광의 펄스폭을 제어하는 펄스폭 제어수단을 구비하고, 펄스폭 제어수단은 제1의 펄스레이저광의 펄스폭을 변경함으로써, 비선형 광학결정으로부터 제2의 펄스레이저광이 출사되지 않도록 비선형 광학결정의 고조파 변환효율을 저하시키는 것이 바람직하다. 이 경우, 제1의 펄스레이저광만을 가공대상물에 집광시켜 개질스폿을 형성하는 것이 가능하게 된다.
- [0011] 또, 제1 및 제2의 펄스레이저광을 동축화하는 동축화수단을 구비하고 있는 것이 바람직하다. 이 경우, 제1 및 제2의 펄스레이저광에 관한 광학계의 구성을 간이화할 수 있다.
- [0012] 또, 편광분리수단은 제1의 1/2파장판에서 편광방향이 변화된 제1의 펄스레이저광을 편광분리하는 제1의 편광 빔스플리터와, 제2의 1/2파장판에서 편광방향이 변화된 제2의 펄스레이저광을 편광분리하는 제2의 편광 빔스플리터를 포함하는 경우가 있다.
- [0013] 또, 광강도 제어수단에서는 제1의 펄스레이저광의 강도의 제어가능폭이 제2의 펄스레이저광의 강도의 제어가능폭보다도 크게 되어 있는 것이 바람직하다. 이 경우, 품질이 좋은 개질스폿을 가공대상물에 바람직하게 형성할 수 있다.
- [0014] 또, 광강도 제어수단은, 제1의 펄스레이저광의 강도를, 제1의 펄스레이저광만을 가공대상물에 집광시킨 경우에 개질스폿이 형성되는 강도문턱값보다도 작게 되도록 제어하는 것이 바람직하다. 이 경우, 개질스폿의 형성에 관하여, 제2의 펄스레이저광이 주요 펄스레이저광으로서 작용함과 아울러, 제1의 펄스레이저광이 보조적 펄스레이저광으로서 작용한다. 게다가, 제1의 펄스레이저광에서는 제2의 펄스레이저광에 대해 악영향을 미치지 않도록 바람직하게 작용하게 된다. 그 결과, 품질이 좋은 개질스폿을 가공대상물에 형성할 수 있다.
- [0015] 또, 본 발명에 관한 레이저 가공장치는, 가공대상물에 복수의 펄스레이저광을 집광시켜, 가공대상물의 내부에 개질스폿을 절단예정라인을 따라서 복수 형성하고, 복수의 개질스폿에 의해서 개질영역을 형성하는 레이저 가공장치로서, 제1의 파장을 가지는 제1의 펄스레이저광을 출사하는 제1의 레이저광원과, 제1의 파장과는 다른 제2

의 파장을 가지는 제2의 펄스레이저광을 출사하는 제2의 레이저광원과, 제1 및 제2의 펄스레이저광을 가공대상물에 집광시키는 집광렌즈를 구비하며, 제1의 펄스레이저광의 강도는 제1의 펄스레이저광만을 가공대상물에 집광시킨 경우에 개질스폿이 형성되는 강도문턱값보다도 작게 되는 것을 특징으로 한다.

[0016] 또, 본 발명에 관한 레이저 가공장치는, 가공대상물에 복수의 펄스레이저광을 집광시켜, 가공대상물의 내부에 개질스폿을 절단예정라인을 따라서 복수 형성하고, 복수의 개질스폿에 의해서 개질영역을 형성하는 레이저 가공장치로서, 제1의 파장을 가지는 제1의 펄스레이저광을 출사하는 제1의 레이저광원과, 제1의 펄스레이저광이 입사되며, 이 제1의 펄스레이저광 및 제1의 파장과는 다른 제2의 파장을 가지는 제2의 펄스레이저광을 출사하는 비선형 광학결정과, 제1 및 제2의 펄스레이저광을 가공대상물에 집광시키는 집광렌즈를 구비하고, 제1의 펄스레이저광의 강도는 제1의 펄스레이저광만을 가공대상물에 집광시킨 경우에 개질스폿이 형성되는 강도문턱값보다도 작게 되는 것을 특징으로 한다.

[0017] 또, 본 발명에 관한 레이저 가공방법은, 가공대상물에 복수의 펄스레이저광을 집광시켜, 가공대상물의 내부에 개질스폿을 절단예정라인을 따라서 복수 형성하고, 복수의 개질스폿에 의해서 개질영역을 형성하는 레이저 가공방법으로서, 제1의 파장을 가지는 제1의 펄스레이저광 및 제1의 파장과는 다른 제2의 파장을 가지는 제2의 펄스레이저광을 집광렌즈에 의해 가공대상물에 집광시키는 공정을 포함하며, 공정에서는, 제1의 펄스레이저광의 강도를, 제1의 펄스레이저광만을 가공대상물에 집광시킨 경우에 개질스폿이 형성되는 강도문턱값보다도 작게 하는 것을 특징으로 한다.

[0018] 이와 같은 본 발명에서는, 제1 및 제2의 펄스레이저광이 가공대상물에 집광되어 복수의 개질스폿이 형성되고, 이들 개질스폿에 의해서 개질영역이 형성된다. 이 때, 제1의 펄스레이저광의 강도는 제1의 펄스레이저광만을 가공대상물에 집광시킨 경우에 개질스폿이 형성되는 강도문턱값보다도 작게 되어 있다. 따라서, 이 경우, 개질스폿의 형성에 관해서, 제2의 펄스레이저광이 주요 펄스레이저광으로서 작용함과 아울러, 제1의 펄스레이저광이 보조적 펄스레이저광으로서 작용한다. 그리고, 게다가, 제1의 펄스레이저광에서는 제2의 펄스레이저광에 대해 약영향을 미치지 않도록 바람직하게 작용하게 된다. 그 결과, 품질이 좋은 개질스폿을 가공대상물에 형성할 수 있다.

[0019] 또, 제1의 펄스레이저광의 파장은 제2의 펄스레이저광의 파장보다 긴 경우가 있다.

발명의 효과

[0020] 본 발명에 의하면, 개질스폿의 제어성을 향상시키는 것이 가능하게 된다.

도면의 간단한 설명

[0021] 도 1은 개질영역의 형성의 대상이 되는 가공대상물의 일례를 나타내는 평면도이다.

도 2는 도 1의 가공대상물의 II-II선에 따른 단면도이다.

도 3은 레이저가공 후의 가공대상물의 평면도이다.

도 4는 도 3의 가공대상물의 IV-IV선에 따른 단면도이다.

도 5는 도 3의 가공대상물의 V-V선에 따른 단면도이다.

도 6은 펄스레이저광의 강도와 개질스폿과의 관계를 설명하기 위한 도면이다.

도 7은 제1 및 제2의 펄스레이저광을 이용하여 가공대상물에 형성한 개질스폿의 예를 나타내는 도면이다.

도 8은 본 발명의 제1 실시형태에 관한 레이저 가공장치를 나타내는 개략 구성도이다.

도 9는 도 8의 레이저 가공장치의 주요부를 나타내는 개략 구성도이다.

도 10은 도 8의 레이저 가공장치를 이용한 레이저 가공방법의 처리를 나타내는 플로우차트이다.

도 11은 본 발명의 제2 실시형태에 관한 레이저 가공장치의 주요부를 나타내는 개략 구성도이다.

도 12는 본 발명의 제3 실시형태에 관한 레이저 가공장치의 주요부를 나타내는 개략 구성도이다.

도 13은 본 발명의 제4 실시형태에 관한 레이저 가공장치의 주요부를 나타내는 개략 구성도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0022] 이하, 본 발명의 바람직한 실시형태에 대해서, 도면을 참조하여 상세하게 설명한다. 또한, 각 도면에서 동일 또는 상당 요소에는 동일 부호를 부여하고, 중복하는 설명을 생략한다.
- [0023] 본 실시형태에 관한 레이저 가공장치 및 레이저 가공방법에서는, 가공대상물에 복수의 펄스레이저광을 동시에 집광시켜, 가공대상물의 내부에 개질스폿을 절단예정라인을 따라서 복수 형성하고, 이들 복수의 개질스폿에 의해서, 절단의 기점이 되는 개질영역을 형성한다. 그래서, 우선, 개질영역의 형성에 대해서, 도 1 ~ 도 5를 참조하여 설명한다.
- [0024] 도 1에 나타내는 바와 같이, 가공대상물(1)에는 가공대상물(1)을 절단하기 위한 절단예정라인(5)이 설정되어 있다. 절단예정라인(5)은 직선 모양으로 연장한 가상선이다. 가공대상물(1)의 내부에 개질영역을 형성하는 경우, 도 2에 나타내는 바와 같이, 가공대상물(1)의 내부에 집광점(P)을 맞춘 상태에서, 레이저광(L)을 절단예정라인(5)을 따라서(즉, 도 1의 화살표 A방향으로) 상대적으로 이동시킨다. 이것에 의해, 도 3 ~ 도 5에 나타내는 바와 같이, 개질영역(7)이 절단예정라인(5)을 따라서 가공대상물(1)의 내부에 형성되고, 절단예정라인(5)을 따라서 형성된 개질영역(7)이 절단기점영역(8)이 된다.
- [0025] 가공대상물(1)로서는 반도체재료나 압전재료 등이 이용되고, 여기에서는 유리기판이 이용되고 있다. 또한, 집광점(P)은 레이저광(L)이 집광하는 개소이다. 또, 절단예정라인(5)은 직선 모양에 한정하지 않고 곡선 모양이라도 되고, 가상선에 한정하지 않고 가공대상물(1)의 표면(3)에 실제로 그 선이라도 된다. 또, 개질영역(7)은 연속적으로 형성되는 경우도 있고, 단속적으로 형성되는 경우도 있다. 또, 개질영역(7)은 열(列) 모양이라도 되고 점 모양이라도 되며, 요점은, 개질영역(7)은 적어도 가공대상물(1)의 내부에 형성되어 있으면 된다. 또, 개질영역(7)을 기점으로 균열이 형성되는 경우가 있으며, 균열 및 개질영역(7)은 가공대상물(1)의 외표면(표면, 이면 혹은 외주면)으로 노출하고 있어도 된다.
- [0026] 덧붙여서, 여기에서의 레이저광(L)은 가공대상물(1)을 투과함과 아울러 가공대상물(1)의 내부의 집광점 근방에서 특히 흡수되고, 이것에 의해, 가공대상물(1)에 개질영역(7)이 형성된다(즉, 내부흡수형 레이저가공). 따라서, 가공대상물(1)의 표면(3)에서는 레이저광(L)이 대부분 흡수되지 않아, 가공대상물(1)의 표면(3)이 용융하지 않는다. 일반적으로, 표면(3)으로부터 용융되고 제거되어 구멍이나 홈 등의 제거부가 형성되는(표면흡수형 레이저가공) 경우, 가공영역은 표면(3) 측으로부터 서서히 이면 측으로 진행된다.
- [0027] 그런데, 본 실시형태에서 형성되는 개질영역은 밀도, 굴절률, 기계적 강도나 그 외의 물리적 특성이 주위와는 다른 상태가 된 영역을 말한다. 개질영역으로서, 예를 들면, 용융처리영역, 크랙영역, 절연파괴영역, 굴절률 변화영역 등이 있고, 이들이 혼재한 영역도 있다. 또한, 개질영역으로서 가공대상물의 재료에서 개질영역의 밀도가 비개질영역의 밀도와 비교하여 변화한 영역이나, 격자결함이 형성된 영역이 있다(이들을 합쳐서 '고밀도 전이영역'이라고도 함).
- [0028] 또, 용융처리영역이나 굴절률 변화영역, 개질영역의 밀도가 비개질영역의 밀도와 비교하여 변화한 영역 및 격자결함이 형성된 영역은 이들 영역의 내부나 개질영역과 비개질영역과의 계면에 균열(갈라짐, 마이크로 크랙)을 내포하고 있는 경우가 있다. 내포되는 균열은 개질영역의 전체 면에 걸치는 경우나 일부분만이나 복수 부분에 형성되는 경우가 있다.
- [0029] 또, 본 실시형태에서는, 절단예정라인(5)을 따라서 개질스폿(가공자국)을 복수 형성함으로써, 개질영역(7)을 형성하고 있다. 개질스폿이란, 펄스레이저광의 1펄스의 쇼트(shot)(즉 1펄스의 레이저조사)로 형성되는 개질부분으로, 개질스폿이 모임으로써 개질영역(7)이 된다. 개질스폿으로서 크랙 스폿, 용융처리 스폿 혹은 굴절률 변화 스폿 또는 이들 중 적어도 1개가 혼재하는 것 등을 들 수 있다.
- [0030] 이 개질스폿에 대해서는 요구되는 절단정밀도, 요구되는 절단면의 평탄성, 가공대상물의 두께, 종류, 결정방위 등을 고려하여, 그 크기나 발생하는 균열의 길이(이하, '균열길이'라고도 함)를 적절히 제어하는 것이 바람직하다.
- [0031] 즉, 개질스폿이 너무 크거나 및 균열길이가 너무 길거나 하면, 개질스폿 크기나 균열길이가 불규칙하게 되어, 절단예정라인(5)에 따른 가공대상물(1)의 절단의 정밀도가 나쁘게 된다. 또, 가공대상물(1)의 절단면의 요철이 커지기 때문에, 이 절단면의 평탄성이 나쁘게 된다. 한편, 개질스폿이 극도로 너무 작으면, 가공대상물의 절단이 곤란하게 된다.
- [0032] 이것에 대해서, 개질스폿의 크기 및 균열길이를 적절한 것으로 하면, 이들을 균일하게 형성할 수 있으며 또한 절단예정라인(5)으로부터의 어긋남을 억제할 수 있다. 또한, 절단예정라인(5)에 따른 가공대상물(1)의 절단정밀

도나 절단면의 평탄성을 향상시킬 수 있다.

- [0033] 도 6은 펄스레이저광의 강도와 개질스폿과의 관계를 설명하기 위한 도면이다. 도 6에 나타내는 바와 같이, 개질스폿(S)는 펄스레이저광의 강도(파워)를 조절함으로써 제어할 수 있다. 구체적으로는, 펄스레이저광의 강도를 작게 하면, 개질스폿(S)의 크기나 균열(C)의 길이를 작게 제어할 수 있다. 한편, 펄스레이저광의 강도를 크게 하면, 개질스폿(S)의 크기나 균열(C)의 길이를 크게 제어할 수 있다. 또한, 펄스레이저광의 강도는, 예를 들면, 1펄스당의 피크파워밀도, 1펄스당의 에너지(J), 또는 1펄스당의 에너지에 펄스레이저광의 주파수를 곱한 평균출력(W)으로 나타낼 수 있다.
- [0034] 또, 여기에서는 파장이 1064nm의 펄스레이저광(이하, '제1 펄스레이저광'이라 함)을 단독으로 가공대상물(1)에 집광시킨 경우, 그 제1 펄스레이저광의 강도가 강도문턱값(α) 이상일 때, 개질스폿(S1)이 형성되고 있다. 또, 예를 들면, 제1 펄스레이저광보다도 파장이 짧은 파장 532nm의 펄스레이저광(이하, '제2 펄스레이저광'이라 함)을 단독으로 가공대상물(1)에 집광시킨 경우, 그 제2 펄스레이저광의 강도가 강도문턱값(β) 이상일 때, 개질스폿(S2)이 형성되고 있다.
- [0035] 또한, 일례로서는, 강도문턱값(α)이 15 μ J이고, 강도문턱값(β)이 6 μ J인 경우가 있다. 강도문턱값이란, 그 강도로 가공대상물(1)에 개질스폿이 형성되는 레이저광의 강도이다. 덧붙여서, 여기에서의 개질스폿(S)의 형성이란, 절단의 기점이 되는 개질영역을 구성하는 개질스폿이 적정하게 형성되는 것을 의도하고 있다(이하, 동일함).
- [0036] 그리고, 제1 및 제2 펄스레이저광을 가공대상물(1)에 동시에 집광시킨 경우, 제1 및 제2 펄스레이저광을 단독으로 집광시켰을 때보다도 적은 강도일 때에도, 개질스폿(S3)이 형성되고 있다. 그리고, 이 개질스폿(S3)은 초단펄스(예를 들면, 수 psec 등)의 펄스레이저광을 가공대상물에 집광시켜 형성한 개질스폿과 동일한 특징, 즉, 비교적 작은 개질스폿으로 균열(C)의 길이가 적정(하프 컷 또는 풀 컷이 발생)하다는 특징을 가지게 된다.
- [0037] 도 7은 제1 및 제2 펄스레이저광을 이용하여 가공대상물에 형성한 개질스폿의 예를 나타내는 도면이다. 도면 중에서의 각 사진은 개질스폿(S)이 형성된 가공대상물(1)을 나타내는 확대 평면도이다. 여기에서는 제1 및 제2 펄스레이저광의 펄스 피치를 50 μ m로 하고, 그 편광방향을 스캔방향(도면 중의 상하방향)으로 하고 있다. 또, 강도가 0 μ J일 때의 제1 펄스레이저광은 가공대상물(1)에 집광되어 있지 않은 것(즉, 제2 펄스레이저광의 단독 조사)을 의미하고 있다. 강도가 0 μ J일 때의 제2 펄스레이저광은 가공대상물(1)에 집광되어 있지 않은 것(즉, 제1 펄스레이저광의 단독 조사)을 의미하고 있다. 또한, 가공대상물(1)로서는 슬라이드 글라스를 이용하고 있다.
- [0038] 도 7에 나타내는 바와 같이, 제2 펄스레이저광의 강도가 0 μ J일 때에는, 가공대상물에 개질스폿(S)을 형성할 수 없으며, 가공불가로 되어 있다. 또, 제2 펄스레이저광의 강도가 6 μ J 이하일 때에는, 개질스폿(S)을 연속해서 정밀도 좋게 형성할 수 없으며, 이른바 미스 샷(miss shot) 현상(개질스폿이 형성되지 않는 현상)이 발생하고 있다. 특히, 제2 펄스레이저광의 강도가 4 μ J일 때에는, 제1 펄스레이저광의 강도에 의해서는(제1 펄스레이저광의 강도가 0 ~ 10 μ J일 때에는), 미스 샷 현상이 크게 생기고 있다. 따라서, 제2 펄스레이저광의 강도를 제어하면, 미스 샷 현상을 특히 억제할 수 있는 것을 알 수 있다. 즉, 제1 펄스레이저광의 파장보다도 짧은 파장의 제2 펄스레이저광은 개질스폿(S)의 형성에 관한 주요소로서 이용되고 있다.
- [0039] 또, 제1 펄스레이저광의 강도가 커짐에 따라, 개질스폿(S)의 크기가 커지고, 균열(C)도 다수 발생하여, 균열길이도 길어지고 있는 것을 알 수 있다. 따라서, 제1 펄스레이저광의 강도를 제어하면, 개질스폿(S)의 크기를 특히 조정할 수 있는 것을 알 수 있다. 그리고, 제1 펄스레이저광의 레이저 강도는 그 레이저광에서의 가공대상물(1)의 강도문턱값(그 레이저광을 단독으로 조사한 경우의 가공대상물(1)의 강도문턱값)보다도 작은 강도의 범위에서 사용함으로써, 개질스폿(S)의 크기의 제어가 용이하게 된다.
- [0040] [제1 실시형태]
- [0041] 다음으로, 본 발명의 제1 실시형태에 대해서 설명한다. 도 8은 본 발명의 제1 실시형태에 관한 레이저 가공장치를 나타내는 개략 구성도이다. 도 8에 나타내는 바와 같이, 레이저 가공장치(100)는 제1 및 제2 펄스레이저광에 관한 광학계를 수용하는 케이스(111)와, 제1 및 제2 펄스레이저광을 가공대상물(1)에 집광시키는 집광렌즈(112)와, 집광렌즈(112)에 의해 집광된 펄스레이저광(L1, L2)이 조사되는 가공대상물(1)을 지지하기 위한 지지대(113)와, 지지대(113)를 X, Y, Z축방향으로 이동시키기 위한 스테이지(114)와, 스테이지(114)의 이동을 제어하는 스테이지 제어부(115)를 구비하고 있다.
- [0042] 또, 레이저 가공장치(100)는 가공대상물(1)의 내부의 소정 위치에 정밀도 좋게 펄스레이저광(L1, L2)을 집광시

켜 개질영역(7)을 형성하기 위해, 오토포커스 유니트(116)를 구비하고 있다. 이것에 의해, 레이저 가공장치(100)에서는, 예를 들면 가공대상물(1)의 표면(3)이나 이면으로부터 일정 위치에 집광되도록 펄스레이저광(L1, L2)이 제어된다.

- [0043] 도 9는 도 8의 레이저 가공장치의 주요부를 나타내는 개략 구성도이다. 도 9에 나타내는 바와 같이, 레이저 가공장치(100)는 제1 및 제2 펄스레이저광원(101, 102)과, 레이저광원 제어부(103)와, 1/2과장판(104, 105)과, 편광 빔스플리터(106, 107)를 구비하고 있다.
- [0044] 제1 펄스레이저광원(제1의 레이저광원)(101)은, 예를 들면 파장 1064nm로 펄스폭 23nsec의 제1 펄스레이저광(제1의 펄스레이저광)(L1)을 출사한다. 제2 펄스레이저광원(제2의 레이저광원)(102)은 제1 펄스레이저광(L1)보다도 단파장인 펄스레이저광으로서 예를 들면 파장 532nm로 펄스폭 15nsec의 제2 펄스레이저광(제2의 펄스레이저광)(L2)을 출사한다. 또, 여기에서의 각 펄스레이저광원(101, 102)은 편광방향이 지면(紙面) 상하방향의 펄스레이저광(L1, L2)을 각각 출사하고 있다. 펄스레이저광원(101, 102)으로서는, 예를 들면 파이버 레이저 등을 이용할 수 있다.
- [0045] 레이저광원 제어부(103)는 제1 펄스레이저광원(101)에 접속되고, 이 제1 펄스레이저광원(101)으로부터 출사되는 펄스레이저광(L1)의 펄스폭이나 펄스타이밍 등을 조절한다. 또, 레이저광원 제어부(103)는 제2 펄스레이저광원(102)에도 접속되어 펄스레이저광(L2)의 펄스타이밍 등을 조절한다. 그리고, 레이저광원 제어부(103)에 의해, 펄스레이저광원(101, 102)의 각각의 레이저광의 펄스타이밍의 조정을 제어한다.
- [0046] 1/2과장판(104, 105)은 펄스레이저광(L1, L2)의 광축(광로)의 각각에서 펄스레이저광원(101, 102)의 후단에 각각 배치되어 있다. 1/2과장판(제1의 1/2과장판)(104)은 제1 펄스레이저광원(101)으로부터 출사된 제1 펄스레이저광(L1)의 편광방향을 변화시킨다. 1/2과장판(제2의 1/2과장판)(105)은 제2 펄스레이저광원(102)으로부터 출사된 제2 펄스레이저광(L2)의 편광방향을 변화시킨다.
- [0047] 편광 빔스플리터(제1의 편광 빔스플리터)(106)는 제1 펄스레이저광(L1)의 광축에서 1/2과장판(104)의 후단에 배치되어 있다. 이 편광 빔스플리터(106)는 1/2과장판(104)에서 편광방향이 변화된 제1 펄스레이저광(L1)을 편광 분리한다. 구체적으로는, 편광 빔스플리터(106)는, 제1 펄스레이저광(L1) 가운데, 지면 상하방향의 편광방향성분을 투과시킴과 아울러, 지면 수직방향의 편광방향성분을 반사시킨다.
- [0048] 편광 빔스플리터(제2의 편광 빔스플리터)(107)는 제2 펄스레이저광(L2)의 광축에서 1/2과장판(105)의 후단에 배치되어 있다. 이 편광 빔스플리터(107)는 1/2과장판(105)에서 편광방향이 변화된 제2 펄스레이저광(L2)을 편광 분리한다. 구체적으로는, 편광 빔스플리터(107)는, 제2 펄스레이저광(L2) 가운데, 지면 상하방향의 편광방향성분을 투과시킴과 아울러, 지면 수직방향의 편광방향성분을 반사시킨다.
- [0049] 또, 레이저 가공장치(100)는 광강도제어부(121)를 더 구비하고 있다. 광강도제어부(121)는 액츄에이터 등에 의해서 1/2과장판(104, 105)의 회전각을 각각 제어해, 1/2과장판(104, 105)에서 변화시키는 펄스레이저광(L1, L2)의 편광방향을 각각 가변한다.
- [0050] 이 광강도제어부(121)에서는 1/2과장판(104)에서 변화시키는 제1 펄스레이저광(L1)의 편광방향 가변역이 1/2과장판(105)에서 변화시키는 제2 펄스레이저광(L2)의 편광방향 가변역보다도 크게 되어 있다. 따라서, 광강도제어부(121)에서는 제1 펄스레이저광(L1)의 강도의 제어가능폭이 제2 펄스레이저광(L2)의 강도의 제어가능폭보다도 크게 되어 있다.
- [0051] 이상과 같이 구성된 레이저 가공장치(100)를 이용한 레이저 가공방법에 대해서, 도 10에 나타내는 플로우차트를 참조하면서 설명한다.
- [0052] 본 실시형태의 레이저 가공장치(100)에서는, 도 8, 9에 나타내는 바와 같이, 우선, 유리기판 또는 사파이어 기판인 가공대상물(1)의 이면(21)에 익스팬드 테이프를 부착하고, 가공대상물(1)을 스테이지(114)상에 얹어 놓는다. 이어서, 표면(3)을 레이저광 조사면으로 하여 가공대상물(1)의 내부에 집광점(P)을 맞추어 펄스레이저광원(101, 102)으로부터 펄스레이저광(L1, L2)의 각각을 동시 조사한다. 이 때, 레이저광원 제어부(103)에 의해서, 펄스레이저광(L1, L2)의 각 펄스 중 적어도 일부가 서로 겹치도록 펄스타이밍을 제어한다.
- [0053] 제1 펄스레이저광원(101)으로부터 출사된 제1 펄스레이저광(L1)은 1/2과장판(104)을 통과하여 편광조정된 후, 편광 빔스플리터(106)에 의해 편광분리된다(S2, S3). 그리고, 편광 빔스플리터(106)를 투과한 제1 펄스레이저광(L1)은 다이클로익 미러(108 ~ 110)에 의해 차례차례 반사되어, 집광렌즈(112)에 입사한다.
- [0054] 또, 제2 펄스레이저광원(102)으로부터 출사된 제2 펄스레이저광(L2)은 1/2과장판(105)을 통과하여 편광조정된

후, 편광 빔스플리터(107)에 의해 편광분리된다(S2, S3). 그리고, 편광 빔스플리터(107)를 투과한 제2 펄스레이저광(L2)은 다이클로익 미러(109)를 통과하여 제1 펄스레이저광(L1)과 동축이 되며, 이 동축의 상태에서 다이클로익 미러(110)에 의해 반사되어, 집광렌즈(112)에 입사한다. 이것에 의해, 스캔방향을 편광방향으로 한 상태에서, 펄스레이저광(L1, L2)이 가공대상물(1)의 내부에 집광된다(S4). 또한, 다이클로익 미러(110)는 가공대상물(1)을 관찰하기 위해서, 가공대상물(1)에서 반사한 광을 투과시켜 카메라 장치(미도시)로 관찰하는 경우에 사용되는 것이 바람직하고, 이 카메라 장치가 없는 경우에는 단순한 반사미러라도 상관없다.

- [0055] 이와 같은 펄스레이저광(L1, L2)의 조사와 함께 스테이지(114)를 구동하고, 가공대상물(1)을 펄스레이저광(L1, L2)에 대해서 절단예정라인(5)을 따라서 상대 이동(스캔)하여, 가공대상물(1)의 내부에 절단예정라인(5)에 따른 개질스폿(S)을 복수 형성하며, 이들 개질스폿(S)에 의해서 개질영역(7)을 형성한다(S5, S6). 그 후, 익스팬드 테이프를 확장시킴으로써, 개질영역(7)을 절단의 기점으로 하여 절단예정라인(5)을 따라서 가공대상물(1)을 절단한다.
- [0056] 여기서, 본 실시형태의 레이저 가공장치(100)는 광강도제어부(121)를 구비하고 있다. 이 때문에, 레이저 가공장치(100)에서는 이 광강도제어부(121)를 작동시키고, 1/2과장판(104, 105)을 통과하는 펄스레이저광(L1, L2)의 편광방향을 가변함으로써, 편광 빔스플리터(106, 107)에서 편광분리시키는 펄스레이저광(L1, L2)의 비율을 가변할 수 있다. 그 결과, 펄스레이저광(L1, L2) 각각에서, 편광 빔스플리터(106, 107)를 투과하는 편광방향성분의 비율이 적절히 조정된다. 따라서, 집광렌즈(112)에 의해 집광되는 펄스레이저광(L1, L2)의 강도가 각각 소망하는 대로 조정되게 된다.
- [0057] 이 점, 종래의 레이저 가공장치와 같이, 예를 들면 펄스레이저광(L1, L2)의 입력을 조정하여 강도를 제어하는 경우, 펄스레이저광원(101, 102)의 구성상, 그 입력범위를 크게 조정하는 것은 곤란하다.
- [0058] 이것에 대해, 본 실시형태에서는, 상술한 바와 같이, 펄스레이저광(L1, L2)의 입력범위를 크게 변경하지 않고, 펄스레이저광(L1, L2)의 강도를 각각 소망하는 대로 제어할 수 있다. 따라서, 본 실시형태에 의하면, 그 크기나 균열길이가 바람직한 품질이 좋은 개질스폿(S)을 가공대상물(1)에 정밀도 좋게 형성하는 것이 가능하게 되어, 개질스폿(S)의 제어성을 향상시킬 수 있다.
- [0059] 특히, 본 실시형태에서는, 상술한 바와 같이, 다른 과장을 가지는 2개의 펄스레이저광(L1, L2)을 동시에 집광시킴으로써 개질스폿(S)을 형성하고 있다. 따라서, 각 펄스레이저광(L1, L2)의 어느 한쪽을 단독으로 집광시켜 개질스폿(S)을 형성하는 경우에 비해, 펄스레이저광의 총강도를 저감시키는 것이 가능하게 된다(도 6 참조).
- [0060] 또, 종래, 펄스레이저광(L1, L2)의 어느 한쪽을 단독으로 집광시켜 개질스폿(S)을 형성하는 경우, 그 펄스폭을 초단펄스(예를 들면, 수 psec)로 할 필요가 있어, 펄스레이저광원에 특수한 레이저광원이 필요하게 되는 경우가 있다. 이것에 대해, 본 실시형태에서는, 펄스레이저광(L1, L2)의 펄스폭을 극소화할 필요성, 나아가서는 특수한 레이저광원의 필요성을 저감할 수 있어, 통상의 일반적인 레이저광원을 이용하는 것이 가능하다. 따라서, 저비용화가 가능하게 되고, 또한 신뢰성 및 범용성을 높일 수 있다.
- [0061] 또, 통상, 펄스레이저광(L1, L2)을 동시집광시켜 개질스폿(S)을 정밀도 좋게 형성하고자 하는 경우, 제2 펄스레이저광(L2)의 강도보다도 제1 펄스레이저광(L1)의 강도를 크게 변경하는 것이 바람직하다(도 7 참조). 이 점, 본 실시형태에서는, 상술한 바와 같이, 제1 펄스레이저광(L1)의 강도의 제어가능폭이 제2 펄스레이저광(L2)의 강도의 제어가능폭보다도 크게 되어 있다. 따라서, 개질스폿(S)을 형성할 때의 펄스레이저광(L1, L2)의 강도관계에 적응시킨 바람직한 레이저 가공을 행할 수 있어, 품질이 좋은 개질스폿(S)을 가공대상물(1)에 바람직하게 형성하는 것이 가능하게 된다.
- [0062] 또, 본 실시형태에서는, 상술한 바와 같이, 펄스레이저광(L1, L2)을 동축화하고 있기 때문에, 펄스레이저광(L1, L2)에 관한 광학계의 구성을 간이화할 수 있다.
- [0063] 또한, 제2 펄스레이저광(L2)은 상기와 같이 개질스폿(S)의 형성에 관한 주요소로서 이용되기 때문에, 본 실시형태와 같이 제2 펄스레이저광(L2)의 펄스폭이 제1 펄스레이저광(L1)의 펄스폭보다도 작은 것이 바람직하다.
- [0064] 그런데, 본 실시형태에서는, 펄스레이저광(L1, L2)을 조사해 가공대상물(1)에 집광시킬 때, 광강도제어부(121) 및 레이저광원 제어부(103) 중 적어도 한쪽을 작동시켜, 제1 펄스레이저광(L1)의 강도를 강도문턱값(α)(도 6 참조)보다도 작게 해도 된다.
- [0065] 구체적으로는, 제1 펄스레이저광(L1)의 강도를, 제1 펄스레이저광(L1)만을 가공대상물(1)에 집광시킨 경우에 개질스폿(S)이 형성되는 강도문턱값(α)보다도 작게 해도 된다. 환언하면, 제1 펄스레이저광(L1)의 강도를, 제1

펄스레이저광(L1)을 단독으로 가공대상물(1)에 집광시켰을 때에 개질스폿(S)이 형성되지 않는 소정의 강도 범위 내로 해도 된다.

- [0066] 이 경우, 개질스폿(S)의 형성에 관하여, 제2 펄스레이저광(L2)이 주요 펄스레이저광으로서 작용함과 아울러, 제1 펄스레이저광(L1)이 보조적 펄스레이저광으로서 작용한다. 그리고, 제1 펄스레이저광(L1)이 제2 펄스레이저광(L2)에 대해 악영향을 미치지 않도록 바람직하게 작용하게 된다. 그 결과, 품질이 좋은 개질스폿(S)을 가공대상물(1)에 형성할 수 있다. 즉, 이 경우, 다파장 동시조사의 펄스레이저광(L1, L2)을 바람직하게 협동시킨 뛰어난 레이저 가공이 가능하게 된다.
- [0067] 여기서, 일반적으로, 펄스레이저광을 집광시켜 가공대상물(1)의 내부에 개질스폿(S)을 형성하는 경우, 가공대상물(1)의 종류 등에 의해서, 요구되는 펄스레이저광의 파장, 펄스폭, 피크파워 등이 다르다. 예를 들면, 실리콘 기판인 가공대상물(1)에 개질스폿(S)을 형성하는 경우, 펄스레이저광의 파장을 1064nm로 하고 펄스폭을 비교적 길게(100 ~ 200nsec) 하는 것이 바람직하다. 또, 본 실시형태와 같이 유리기판이나 사파이어 기판인 가공대상물(1)에 개질스폿(S)을 형성하는 경우, 펄스레이저광의 펄스폭을 작게 하여 강도(피크 에너지)를 높이는 것이 바람직하다.
- [0068] 이 점, 본 실시형태의 레이저 가공장치(100)는, 상술한 바와 같이 유리기판이나 사파이어 기판 등의 가공대상물(1)에 개질스폿(S)을 정밀도 좋게 형성할 수 있을 뿐만 아니라, 실리콘 기판인 가공대상물(1)에 개질스폿(S)을 정밀도 좋게 형성할 수도 있다. 구체적으로는, 제2 펄스레이저광(L2)의 광축상에 필터 등을 설치하여 제2 펄스레이저광(L2)이 가공대상물(1)에 집광되지 않도록 한다. 이것과 함께, 예를 들면 펄스폭 200nsec의 제1 펄스레이저광(L1)을 가공대상물(1)에 집광시킨다.
- [0069] 따라서, 본 실시형태에서는 레이저 가공장치(100)를 여러 가지의 기판에 대한 가공용 장치로서 1대로 겸용할 수 있다. 또, 실리콘 기판과 유리기판과의 접합기판 등의 가공대상물(1)에 대해서도, 1대의 레이저 가공장치(100)로 용이하게 대응 가능하게 된다.
- [0070] 이상, 본 실시형태에서, 편광 빔스플리터(106, 107)가 편광분리수단을 구성하고, 광강도제어부(121)가 광강도 제어수단을 구성한다. 또, 다이클로익 미러(108, 109)가 동축화수단을 구성하고, 레이저광원 제어부(103)가 펄스폭 제어수단을 구성한다.
- [0071] [제2 실시형태]
- [0072] 다음으로, 본 발명의 제2 실시형태에 대해서 설명한다. 또한, 본 실시형태의 설명에서는 상기 제1 실시형태와 다른 점에 대해서 주로 설명한다.
- [0073] 도 11은 본 발명의 제2 실시형태에 관한 레이저 가공장치의 주요부를 나타내는 개략 구성도이다. 도 11에 나타내는 바와 같이, 본 실시형태의 레이저 가공장치(200)가 상기 레이저 가공장치(100)와 다른 점은, 편광 빔스플리터(106, 107)(도 9 참조)에 대신하여 편광 빔스플리터(201)를 구비함과 아울러, 1/2파장판(202)을 더 구비한 점이다.
- [0074] 편광 빔스플리터(제1 및 제2의 편광 빔스플리터)(201)는 제1 펄스레이저광(L1)의 광축에서 1/2파장판(104)의 후단에, 또한 제2 펄스레이저광(L2)의 광축에서 1/2파장판(105)의 후단에 배치되어 있다. 이 편광 빔스플리터(201)는 2파장 대응인 것이며, 1/2파장판(104)에서 편광방향이 변화된 제1 펄스레이저광(L1) 및 1/2파장판(105)에서 편광방향이 변화된 제2 펄스레이저광(L2)을 편광분리한다.
- [0075] 구체적으로는, 편광 빔스플리터(201)는, 제1 펄스레이저광(L1) 가운데, 지면 상하방향의 편광방향성분을 그대로 투과시킴과 아울러, 지면 수직방향의 편광방향성분을 반사시킨다. 또, 제2 펄스레이저광(L1) 가운데, 지면 상하방향의 편광방향성분을 제1 펄스레이저광(L1)과 동축으로 하여 투과시킴과 아울러, 지면 수직방향의 편광방향성분을 반사시킨다.
- [0076] 1/2파장판(202)은 제1 펄스레이저광(L1)의 광축에서 편광 빔스플리터(201)의 후단에 배치되어 있다. 이 1/2파장판(202)은 편광 빔스플리터(201)에서 반사된 제1 펄스레이저광(L1)의 편광방향을 변화시킴과 아울러, 편광 빔스플리터(201)를 통과한 제2 펄스레이저광(L2)을 그대로 통과한다. 여기에서는, 1/2파장판(202)은 제1 펄스레이저광(L1)에서의 지면 수직방향의 편광방향을 지면 상하방향의 편광방향으로 변화시킨다.
- [0077] 이와 같이 구성된 레이저 가공장치(200)에서는, 제1 펄스레이저광원(101)으로부터 출사된 제1 펄스레이저광(L1)은 1/2파장판(104)을 통과하여 편광조정된 후, 다이클로익 미러(203)에서 반사되고, 편광 빔스플리터(201)에 의해서 편광분리된다. 그리고, 편광 빔스플리터(201)에서 반사된 제1 펄스레이저광(L1)은 1/2파장판(202)을 통과

하여 편광조정되며, 다이클로익 미러(110)에서 반사된 후, 집광렌즈(112)에 입사한다.

- [0078] 또, 제2 펄스레이저광원(102)으로부터 출사된 제2 펄스레이저광(L2)은 1/2과장판(105)을 통과하여 편광조정된 후, 편광 빔스플리터(201)에 의해 편광분리된다. 그리고, 편광 빔스플리터(201)를 투과한 제2 펄스레이저광(L2)은 제1 펄스레이저광(L1)과 동축이 되고, 이 동축의 상태에서 1/2과장판(202)을 그대로 통과한다. 그 후, 다이클로익 미러(110)에 의해 반사되고, 집광렌즈(112)에 입사한다. 이것에 의해, 스캔방향을 편광방향으로 한 상태에서, 펄스레이저광(L1, L2)이 가공대상물(1)의 내부에 집광되게 된다.
- [0079] 이상, 본 실시형태에서도, 개질스폿(S)의 제어성을 향상시킨다고 하는 상기 효과와 동일한 효과를 발휘한다. 또, 본 실시형태에서도, 상기 제1 실시형태와 마찬가지로, 레이저 가공장치(200)를 여러 가지의 기관에 대한 레이저 가공장치로서 1대로 겸용할 수 있다.
- [0080] 이상, 본 실시형태에서는 편광 빔스플리터(201)가 편광분리수단을 구성하고, 편광 빔스플리터(201) 및 다이클로익 미러(203)가 동축화수단을 구성한다.
- [0081] [제3 실시형태]
- [0082] 다음으로, 본 발명의 제3 실시형태에 대해서 설명한다. 또한, 본 실시형태의 설명에서는 상기 제1 실시형태와 다른 점에 대해서 주로 설명한다.
- [0083] 도 12는 본 발명의 제3 실시형태에 관한 레이저 가공장치의 주요부를 나타내는 개략 구성도이다. 도 12에 나타내는 바와 같이, 본 실시형태의 레이저 가공장치(300)는 2개의 펄스레이저광원(101, 102)을 구비한 상기 레이저 가공장치(100)에 대해, 펄스레이저광원이 1개인 점에서 주로 차이가 난다. 구체적으로는, 레이저 가공장치(300)는 제2 펄스레이저광원(102)을 구비하지 않고, 비선형 광학결정(301)을 더 구비하고 있다.
- [0084] 비선형 광학결정(301)은 펄스레이저광(L1)의 파장변환을 행하는 것으로, 여기에서는 파고조파를 발생시키는 제2 고조파 발생소자(SHG 결정)로서의 KTP결정이 이용되고 있다.
- [0085] 이 비선형 광학결정(301)은, 구체적으로는, 기본파로서의 파장 1064nm의 제1 펄스레이저광(L1)이 입사되면, 제2 고조파로서의 파장 532nm의 제2 펄스레이저광(L2)을 제1 펄스레이저광(L1)과 동축으로 출사한다. 여기에서의 비선형 광학결정(301)은 지면 상하방향에 대해 45° 경사지는 방향의 편광방향의 제1 펄스레이저광(L1)이 입사됨으로써, 이 제1 펄스레이저광(L1)과 지면 수직방향의 편광방향의 제2 펄스레이저광(L2)을 동축으로 하여 출사한다.
- [0086] 또, 제1 펄스레이저광(L1)의 광축에서 비선형 광학결정(301)의 전단(前段)에는 제1 펄스레이저광(L1)의 편광방향을 변화시키는 1/2과장판(302)이 마련되어 있다. 이 1/2과장판(302)은 1/2과장판(302)에 입사하는 제1 펄스레이저광(L1)의 지면 상하방향의 편광방향을 지면 상하방향에 대해 45° 경사지는 방향으로 편광방향으로 변화시킨다.
- [0087] 이 레이저 가공장치(300)에 의해서 유리기관이나 사파이어 기관인 가공대상물(1)의 내부에 개질스폿(S)을 형성하는 경우, 제1 펄스레이저광원(101)으로부터 출사된 제1 펄스레이저광(L1)은 1/2과장판(302)을 통과하여 편광조정된 후, 비선형 광학결정(301)에 입사되어 파장변환된다. 그리고, 비선형 광학결정(301)으로부터 펄스레이저광(L1, L2)이 동축으로 출사된다.
- [0088] 비선형 광학결정(301)으로부터 출사된 제1 펄스레이저광(L1)은 다이클로익 미러(303)를 통과하고, 1/4과장판(144)을 통과하여 타원편광을 직선편광으로 조정하며, 1/2과장판(104)을 통과하여 편광조정된 후, 편광 빔스플리터(106)에 의해서 편광분리된다. 그리고, 편광 빔스플리터(106)를 투과한 제1 펄스레이저광(L1)은 다이클로익 미러(108 ~ 110)에 의해 차례차례 반사되어 집광렌즈(112)에 입사한다.
- [0089] 비선형 광학결정(301)으로부터 출사된 제2 펄스레이저광(L2)은 다이클로익 미러(303, 304)에 의해 차례차례 반사되고, 1/2과장판(105)을 통과하여 편광조정된 후, 편광 빔스플리터(107)에 의해 편광분리된다. 그리고, 편광 빔스플리터(201)를 투과한 제2 펄스레이저광(L2)은 다이클로익 미러(109)를 통과하여 제1 펄스레이저광(L1)과 동축이 되고, 이 동축의 상태에서 다이클로익 미러(110)에 의해 반사되어 집광렌즈(112)에 입사한다. 이것에 의해, 스캔방향을 편광방향으로 한 상태에서, 펄스레이저광(L1, L2)이 가공대상물(1)의 내부에 집광되게 된다.
- [0090] 이상, 본 실시형태에서도, 개질스폿(S)의 제어성을 향상시킨다고 하는 상기 효과와 동일한 효과를 발휘한다. 또, 본 실시형태에서는 1개의 제1 펄스레이저광원(101)을 이용하여 펄스레이저광(L1, L2)을 가공대상물(1)에 집광시키고 있기 때문에, 펄스레이저광(L1, L2)의 각 펄스가 서로 겹치도록 펄스타이밍을 설정하는 것이 용이하게

된다.

- [0091] 또, 본 실시형태의 레이저 가공장치(300)에서는 유리기관이나 사파이어 기관 등의 가공대상물(1)에 개질스폿(S)을 정밀도 좋게 형성할 수 있을 뿐만 아니라, 실리콘 기관인 가공대상물(1)에 개질스폿(S)을 정밀도 좋게 형성할 수도 있다.
- [0092] 구체적으로는, 레이저광원 제어부(103)에 의해서, 제1 펄스레이저광원(101)으로부터 출사되는 제1 펄스레이저광(L1)의 펄스폭을 변경한다. 여기에서는, 제1 펄스레이저광(L1)의 펄스폭을, 유리기관이나 사파이어 기관 등의 가공대상물(1)에 개질스폿(S)을 형성하는 경우의 펄스폭보다도 긴 펄스폭(예를 들면, 200nsec)으로 한다. 이것에 의해, 비선형 광학결정(301)의 고조파 변환효율이 저하되고, 비선형 광학결정(301)으로부터 제1 펄스레이저광(L1)만이 출사된다(환언하면, 제2 펄스레이저광(L2)이 실질적으로 출사되지 않음). 그 결과, 펄스레이저광(L1)만 가공대상물(1)의 내부에 집광되어, 개질스폿(S)이 형성되게 된다.
- [0093] 따라서, 본 실시형태에서는 레이저 가공장치(300)를 여러 가지의 기관에 대한 가공용 장치로서 1대로 겸용할 수 있다. 또, 실리콘 기관과 유리기관과의 접합기관 등의 가공대상물(1)에 대해서도, 1대의 레이저 가공장치(300)로 용이하게 대응 가능하게 된다.
- [0094] 이상, 본 실시형태에서는 비선형 광학결정(301) 및 다이클로익 미러(108, 109)가 동축화수단을 구성한다.
- [0095] [제4 실시형태]
- [0096] 다음으로, 본 발명의 제4 실시형태에 대해서 설명한다. 또한, 본 실시형태의 설명에서는 상기 제3 실시형태와 다른 점에 대해서 주로 설명한다.
- [0097] 도 13은 본 발명의 제4 실시형태에 관한 레이저 가공장치의 주요부를 나타내는 개략 구성도이다. 도 13에 나타내는 바와 같이, 본 실시형태의 레이저 가공장치(400)는, 상기 레이저 가공장치(300)에 대해, 펄스레이저광(L1, L2)의 광축이 동축을 유지하도록(완전 동축으로) 구성되어 있는 점에서 주로 차이가 난다. 구체적으로는, 레이저 가공장치(400)는 비선형 광학결정(301)(도 12 참조)에 대신하여 비선형 광학결정(401)을 구비하며, 편광 빔스플리터(106, 107)(도 12 참조)에 대신하여 편광 빔스플리터(402)를 구비하고 있다.
- [0098] 비선형 광학결정(401)은 펄스레이저광(L1)의 파장변환을 행하는 것으로, 여기에서는 BBO결정이 이용되고 있다. 이 비선형 광학결정(401)은 제1 펄스레이저광(L1)이 입사되면, 펄스레이저광(L1, L2)을 동축으로 출사한다. 여기에서의 비선형 광학결정(401)은 지면 상하방향의 편광방향의 제1 펄스레이저광(L1)이 입사됨으로써, 이 제1 펄스레이저광(L1)과 지면 수직방향의 편광방향의 제2 펄스레이저광(L2)을 동축으로 하여 출사한다.
- [0099] 편광 빔스플리터(제1의 및 제2 편광 빔스플리터)(402)는 2파장 대응인 것이며, 펄스레이저광(L1, L2)의 광축에서 1/2파장판(104, 105)의 후단에 배치되어 있다. 이 편광 빔스플리터(402)는 1/2파장판(104, 105)에서 편광방향이 변화된 펄스레이저광(L1, L2)의 각각을 편광분리한다. 구체적으로는, 편광 빔스플리터(402)는, 각 펄스레이저광(L1, L2) 가운데, 지면 상하방향의 편광방향성분을 그대로 투과시킴과 아울러, 지면 수직방향의 편광방향성분을 반사시킨다.
- [0100] 이와 같이 구성된 레이저 가공장치(400)에서는 제1 펄스레이저광원(101)으로부터 출사된 제1 펄스레이저광(L1)이 비선형 광학결정(401)에 입사되어 파장변환되고, 비선형 광학결정(401)으로부터 펄스레이저광(L1, L2)이 동축으로 출사된다.
- [0101] 비선형 광학결정(401)으로부터 출사된 제1 펄스레이저광(L1)은 1/2파장판(104)을 통과하여 편광조정됨과 아울러, 1/2파장판(105)을 그대로 통과하고, 편광 빔스플리터(402)에 의해서 편광분리된다. 한편, 비선형 광학결정(401)으로부터 출사된 제2 펄스레이저광(L2)은 1/2파장판(104)을 그대로 통과함과 아울러, 1/2파장판(105)을 통과하여 편광조정되며, 편광 빔스플리터(402)에 의해서 편광분리된다. 그리고, 편광 빔스플리터(402)를 통과한 펄스레이저광(L1, L2)은 다이클로익 미러(110)에 의해 반사되어, 집광렌즈(112)에 입사한다. 이것에 의해, 스캔방향을 편광방향으로 한 상태에서, 펄스레이저광(L1, L2)이 가공대상물(1)의 내부에 집광되게 된다.
- [0102] 이상, 본 실시형태에서도, 개질스폿(S)의 제어성을 향상시킨다고 하는 상기 효과와 동일한 효과를 발휘한다. 또, 본 실시형태에서도, 상기 제3 실시형태와 마찬가지로, 레이저 가공장치(400)를 여러 가지의 기관에 대한 레이저 가공장치로서 1대로 겸용할 수 있다.
- [0103] 또, 본 실시형태에서는, 상술한 바와 같이, 펄스레이저광(L1, L2)의 광축이 동축을 유지하도록 구성되어 있기 때문에, 펄스레이저광(L1, L2)에 관한 광학계의 구성을 한층 간이화할 수 있음과 아울러, 펄스레이저광(L1, L

2)의 각 펄스가 서로 겹치도록 펄스타이밍을 설정하는 것이 한층 용이하게 된다.

[0104] 이상, 본 실시형태에서는 편광 빔스플리터(402)가 편광분리수단을 구성하고, 비선형 광학결정(401)이 동축화수단을 구성한다.

[0105] 이상, 본 발명의 바람직한 실시형태에 대해서 설명했지만, 본 발명에 관한 레이저 가공장치는 실시형태에 관한 상기 레이저 가공장치(100, 200, 300, 400)에 한정되는 것이 아니고, 또, 본 발명에 관한 레이저 가공방법은 실시형태에 관한 상기 레이저 가공방법에 한정되는 것은 아니다. 본 발명은 각 청구항에 기재한 요지를 변경하지 않는 범위에서 변형한 것 또는 다른 것에 적용한 것이라도 물론 된다.

[0106] <산업상의 이용 가능성>

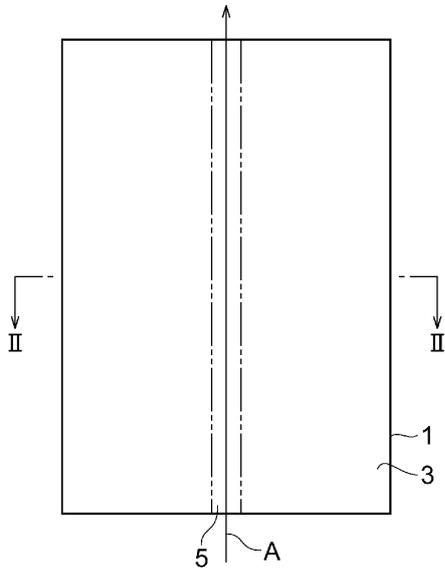
[0107] 본 발명에 의하면, 개질스폿의 제어성을 향상시키는 것이 가능하게 된다.

부호의 설명

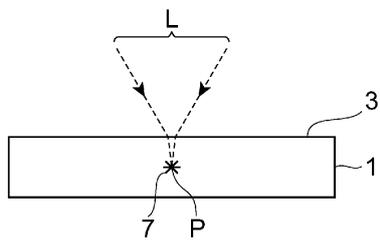
- [0108] 1 ... 가공대상물, 5 ... 절단예정라인,
 7 ... 개질영역, 100, 200, 300, 400 ... 레이저 가공장치,
 101 ... 제1 펄스레이저광원(제1의 레이저광원),
 102 ... 제2 펄스레이저광원(제2의 레이저광원),
 103 ... 레이저광원 제어부(펄스폭 제어수단),
 104 ... 1/2파장판(제1의 1/2파장판),
 105 ... 1/2파장판(제2의 1/2파장판),
 106 ... 편광 빔스플리터(제1의 편광 빔스플리터, 편광분리수단),
 107 ... 편광 빔스플리터(제2의 편광 빔스플리터, 편광분리수단),
 112 ... 집광렌즈,
 108, 109, 203 ... 다이클로익 미러(동축화수단),
 121 ... 광강도제어부(광강도 제어수단),
 201 ... 편광 빔스플리터(제1 및 제2의 편광 빔스플리터, 편광분리수단, 동축화수단),
 301, 401 ... 비선형 광학결정(동축화수단),
 402 ... 편광 빔스플리터(제1 및 제2의 편광 빔스플리터, 편광분리수단),
 L1 ... 제1의 펄스레이저광(제1 펄스레이저광),
 L2 ... 제2의 펄스레이저광(제2 펄스레이저광),
 S ... 개질스폿, a ... 강도문턱값.

도면

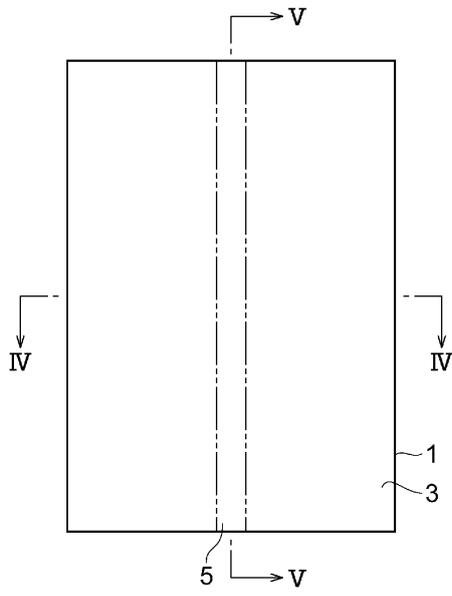
도면1



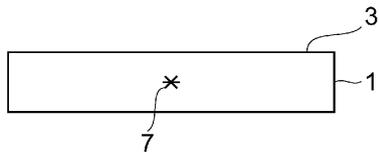
도면2



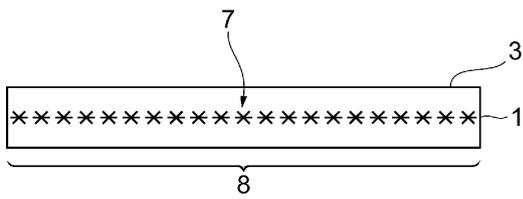
도면3



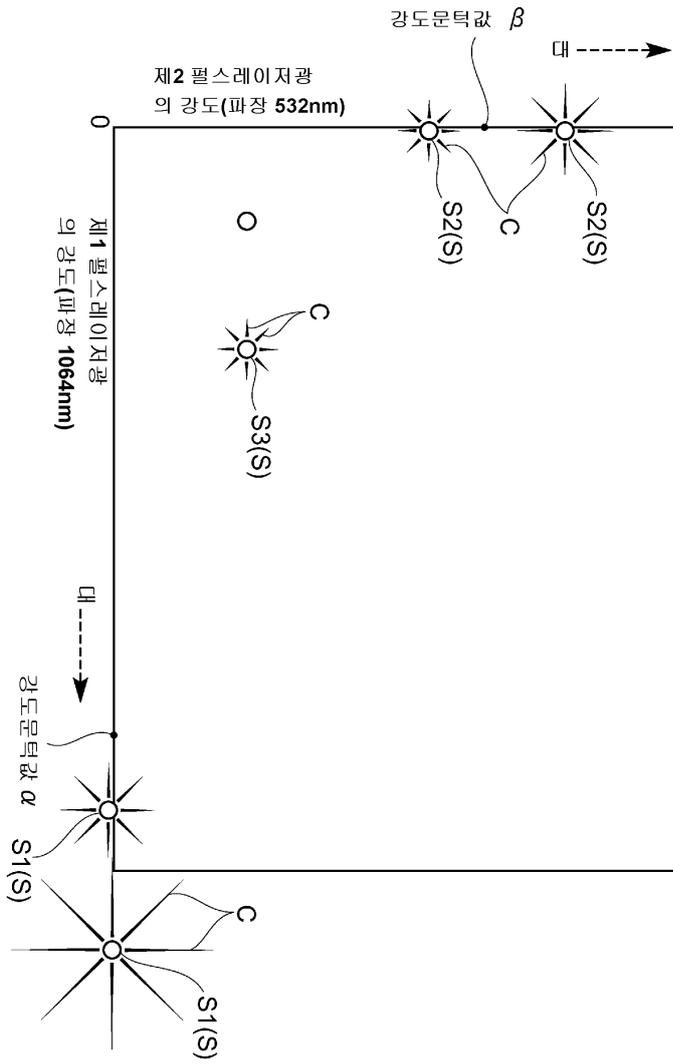
도면4



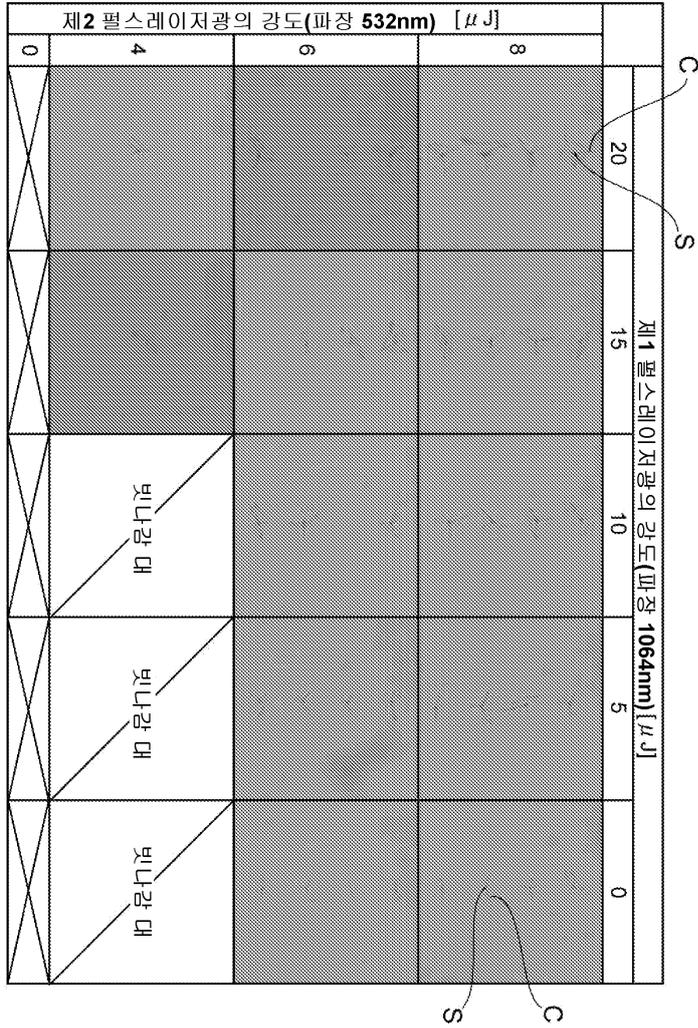
도면5



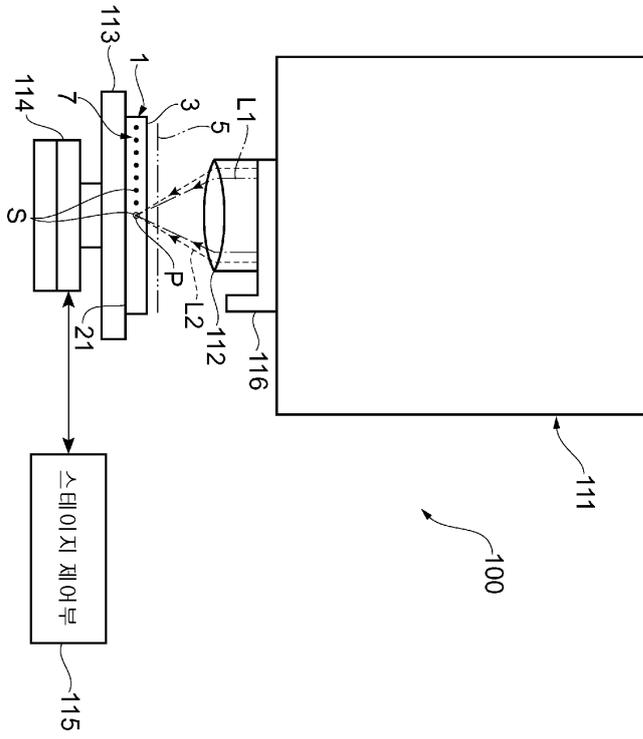
도면6



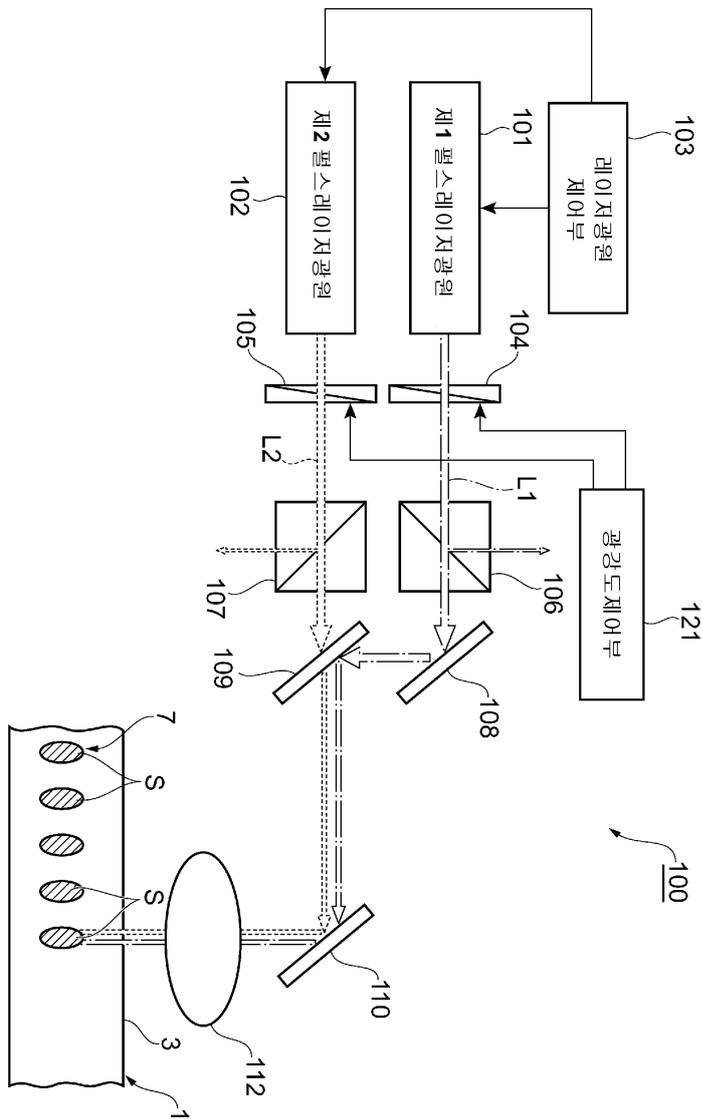
도면7



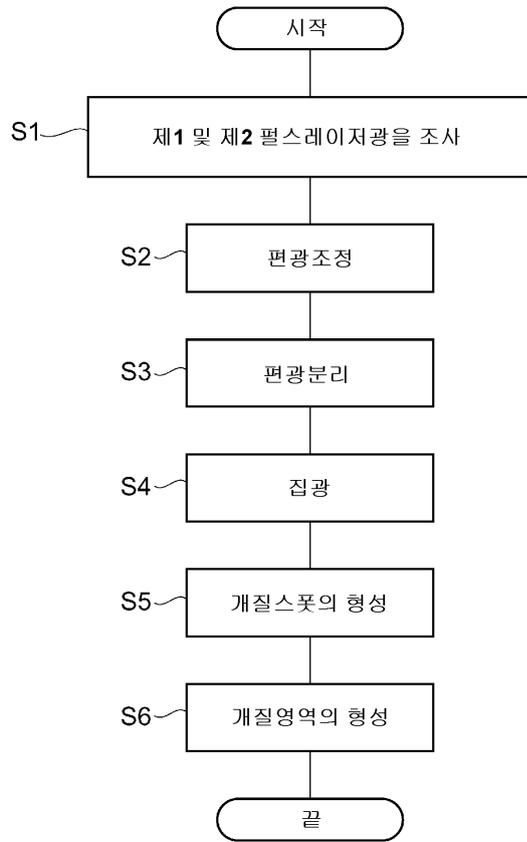
도면8



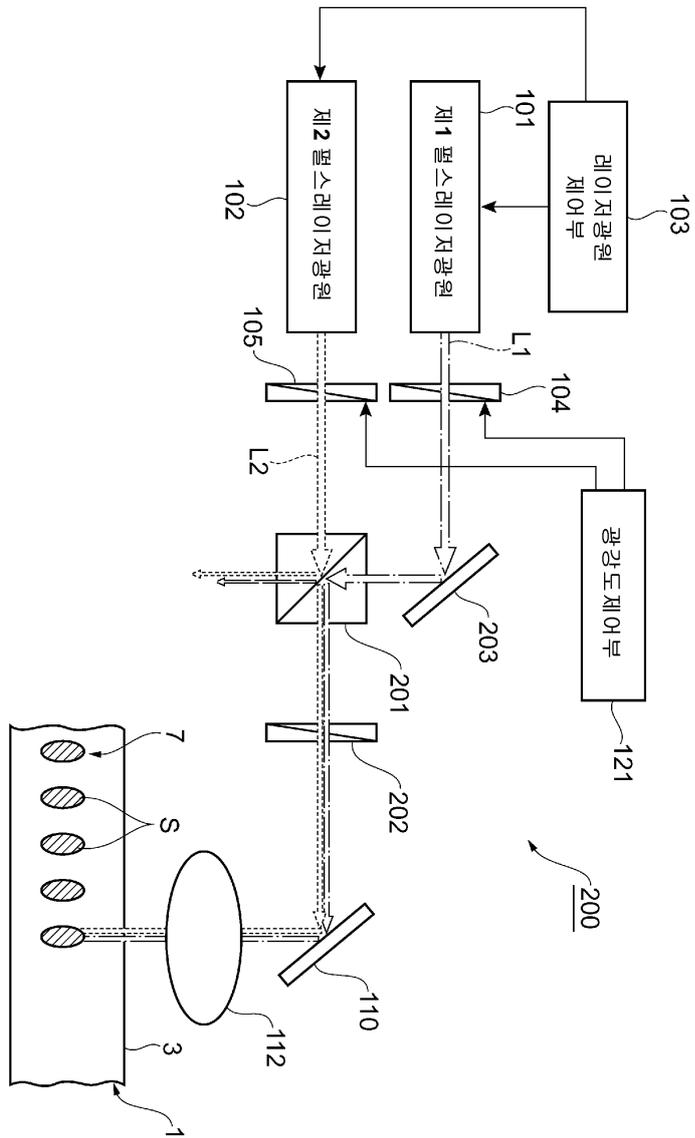
도면9



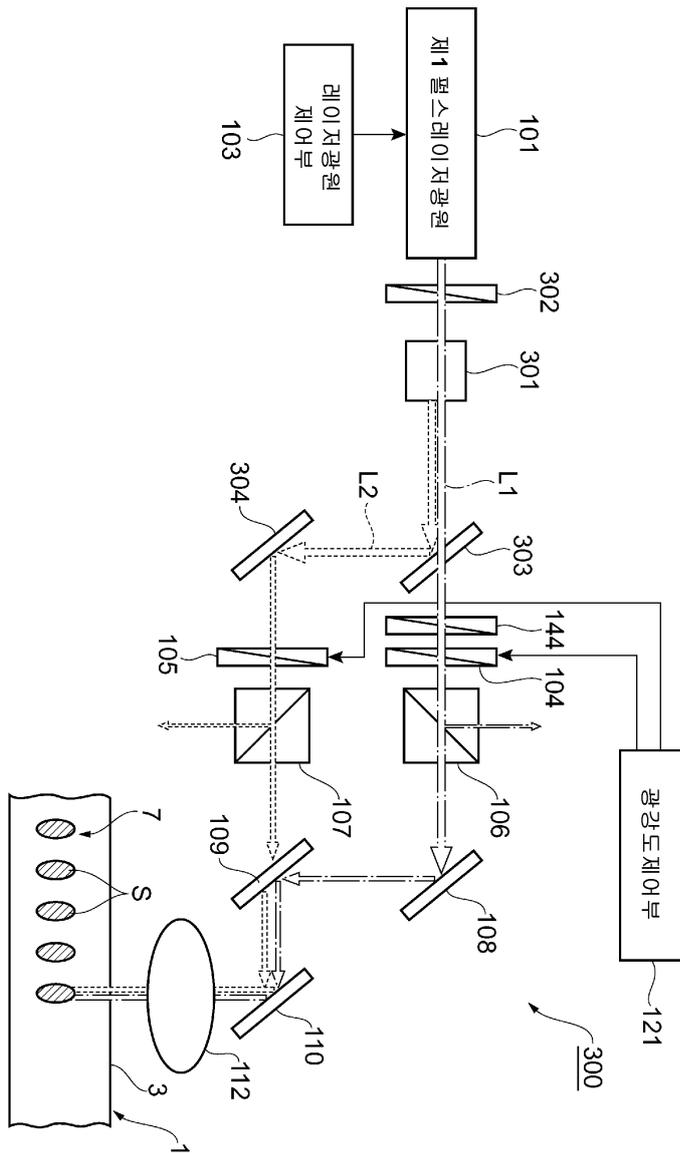
도면10



도면11



도면12



도면13

