



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2020-0091908
(43) 공개일자 2020년07월31일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B23K 26/06 (2014.01) B23K 26/073 (2006.01)
B23K 26/38 (2014.01)
(52) CPC특허분류
B23K 26/0648 (2013.01)
B23K 26/073 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2020-7019030
(22) 출원일자(국제) 2018년03월23일
심사청구일자 2020년07월01일
(85) 번역문제출일자 2020년07월01일
(86) 국제출원번호 PCT/JP2018/011894
(87) 국제공개번호 WO 2019/180960
국제공개일자 2019년09월26일

(71) 출원인
프리메탈스 테크놀로지스 재팬 가부시키가이샤
일본 히로시마켄 히로시마시 니시쿠 간온신마치
4쵸메 6방 22고
(72) 발명자
야기 다카히로
일본 히로시마켄 히로시마시 니시쿠 간온신마치
4쵸메 6방 22고 프리메탈스 테크놀로지스 재팬 가
부시키가이샤 나이
오이시 히로시
일본 히로시마켄 히로시마시 니시쿠 간온신마치
4쵸메 6방 22고 프리메탈스 테크놀로지스 재팬 가
부시키가이샤 나이
미즈오카 료스케
일본 히로시마켄 히로시마시 니시쿠 간온신마치
4쵸메 6방 22고 프리메탈스 테크놀로지스 재팬 가
부시키가이샤 나이
(74) 대리인
특허법인코리어나

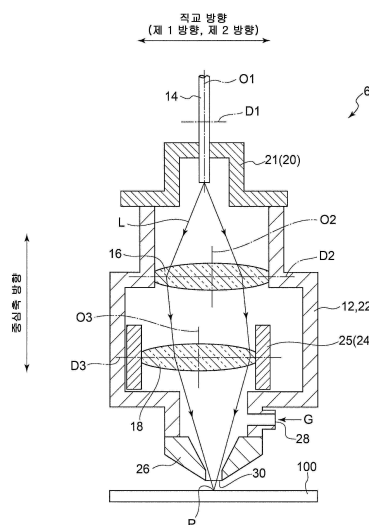
전체 청구항 수 : 총 12 항

(54) 발명의 명칭 레이저 가공 헤드 및 레이저 가공 장치 그리고 레이저 가공 헤드의 조정 방법

(57) 요약

레이저 가공 헤드는, 레이저 조사부와, 상기 레이저 조사부로부터의 레이저광을 콜리메이트하기 위한 콜리메이트 광학계와, 상기 콜리메이트 광학계를 통과한 레이저광을 집광하기 위한 집광 광학계를 구비하고, 상기 콜리메이트 광학계 및 상기 집광 광학계를 포함하는 광학계는, 상기 집광 광학계를 통과한 레이저광에 코마 수차가 발생할 수 있도록 구성되고, 상기 레이저 조사부 또는 상기 콜리메이트 광학계의 중심축에 직교하는 제 1 방향에 있어서, 상기 레이저 조사부에 대한 상기 콜리메이트 광학계의 상대 위치를 변화시키도록 상기 레이저 조사부 또는 상기 콜리메이트 광학계의 적어도 일방을 이동시키기 위한 제 1 이동부와, 상기 집광 광학계의 중심축에 직교하는 제 2 방향에 있어서, 상기 콜리메이트 광학계에 대한 상기 집광 광학계의 상대 위치를 변화시키도록 상기 집광 광학계를 이동시키기 위한 제 2 이동부를 추가로 구비한다.

대표도 - 도2



(52) CPC특허분류

B23K 26/38 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

레이저 조사부와,

상기 레이저 조사부로부터의 레이저광을 콜리메이트하기 위한 콜리메이트 광학계와,

상기 콜리메이트 광학계를 통과한 레이저광을 집광하기 위한 집광 광학계를 구비하는 레이저 가공 헤드로서,

상기 콜리메이트 광학계 및 상기 집광 광학계를 포함하는 광학계는, 상기 집광 광학계를 통과한 레이저광에 코마 수차가 발생할 수 있도록 구성되고,

상기 레이저 조사부 또는 상기 콜리메이트 광학계의 중심축에 직교하는 제 1 방향에 있어서, 상기 레이저 조사부에 대한 상기 콜리메이트 광학계의 상대 위치를 변화시키도록 상기 레이저 조사부 또는 상기 콜리메이트 광학계의 적어도 일방을 이동시키기 위한 제 1 이동부와,

상기 집광 광학계의 중심축에 직교하는 제 2 방향에 있어서, 상기 콜리메이트 광학계에 대한 상기 집광 광학계의 상대 위치를 변화시키도록 상기 집광 광학계를 이동시키기 위한 제 2 이동부를 추가로 구비하는 것을 특징으로 하는 레이저 가공 헤드.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 콜리메이트 광학계 및 상기 집광 광학계는, 각각 적어도 1 개의 렌즈를 포함하고,

상기 레이저 조사부, 상기 콜리메이트 광학계 및 상기 집광 광학계는, 상기 집광 광학계의 중심축을 따른 방향에 있어서 이 순서로 배열되어 있는 것을 특징으로 하는 레이저 가공 헤드.

청구항 3

제 1 항 또는 제 2 항에 기재된 레이저 가공 헤드와,

상기 레이저 가공 헤드로부터 출력되는 레이저광의 피가공물의 가공면에 있어서의 에너지 강도 분포를 계측하도록 구성된 계측부와,

상기 계측부에 의한 계측 결과에 기초하여, 상기 레이저 조사부, 상기 콜리메이트 광학계 또는 상기 집광 광학계의 이동 방향 또는 이동량을 결정하도록 구성된 제어부를 구비하는 것을 특징으로 하는 레이저 가공 장치.

청구항 4

레이저 조사부와, 상기 레이저 조사부로부터의 레이저광을 콜리메이트하기 위한 콜리메이트 광학계와, 상기 콜리메이트 광학계를 통과한 레이저광을 집광하기 위한 집광 광학계를 포함하는 레이저 가공 헤드의 조정 방법으로서,

상기 콜리메이트 광학계 및 상기 집광 광학계를 포함하는 광학계는, 상기 집광 광학계를 통과한 레이저광에 코마 수차가 발생할 수 있도록 구성되고,

상기 레이저 조사부 또는 상기 콜리메이트 광학계의 중심축에 직교하는 제 1 방향에 있어서, 상기 레이저 조사부에 대한 상기 콜리메이트 광학계의 상대 위치를 변화시키도록 상기 레이저 조사부 또는 상기 콜리메이트 광학계의 적어도 일방을 이동시키는 제 1 이동 스텝과,

상기 집광 광학계의 중심축에 직교하는 제 2 방향에 있어서, 상기 콜리메이트 광학계에 대한 상기 집광 광학계의 상대 위치를 변화시키도록 상기 집광 광학계를 이동시키는 제 2 이동 스텝을 구비하는 것을 특징으로 하는 레이저 가공 헤드의 조정 방법.

청구항 5

제 4 항에 있어서,

상기 콜리메이트 광학계 및 상기 집광 광학계는, 각각 적어도 1 개의 렌즈를 포함하고,

상기 레이저 조사부, 상기 콜리메이트 광학계 및 상기 집광 광학계는, 상기 집광 광학계의 중심축을 따른 방향에 있어서 이 순서로 배열되어 있는 것을 특징으로 하는 레이저 가공 헤드의 조정 방법.

청구항 6

제 4 항 또는 제 5 항에 있어서,

상기 레이저 가공 헤드로부터 출력되는 레이저광의 피가공물의 가공면에 있어서의 에너지 강도 분포를 원하는 분포로 조절하도록 상기 제 1 이동 스텝 또는 상기 제 2 이동 스텝의 일방을 실행하는 제 1 조절 스텝과,

상기 제 1 조절 스텝 후, 상기 가공면에 있어서의 조사 위치를 조절하도록, 상기 제 1 이동 스텝 또는 상기 제 2 이동 스텝의 타방을 실행하는 제 2 조절 스텝을 구비하고,

상기 제 1 조절 스텝에서는, 상기 제 1 이동 스텝 또는 상기 제 2 이동 스텝 중, 상기 제 1 방향에 있어서의 상기 레이저 조사부에 대한 상기 콜리메이트 광학계의 이동량 또는 상기 제 2 방향에 있어서의 상기 콜리메이트 광학계에 대한 상기 집광 광학계의 이동량에 대한 상기 코마 수치의 변화량이 큰 일방을 실행하는 것을 특징으로 하는 레이저 가공 헤드의 조정 방법.

청구항 7

제 6 항에 있어서,

상기 제 1 조절 스텝에서는, 상기 에너지 강도 분포를 예측하고, 그 에너지 강도 분포의 예측 결과에 기초하여, 상기 레이저 조사부, 상기 콜리메이트 광학계 또는 상기 집광 광학계의 이동 방향 또는 이동량을 결정하는 것을 특징으로 하는 레이저 가공 헤드의 조정 방법.

청구항 8

제 6 항 또는 제 7 항에 있어서,

상기 제 1 조절 스텝에서는, 상기 피가공물의 가공흔의 관찰 결과에 기초하여, 상기 레이저 조사부, 상기 콜리메이트 광학계 또는 상기 집광 광학계의 이동 방향 또는 이동량을 결정하는 것을 특징으로 하는 레이저 가공 헤드의 조정 방법.

청구항 9

제 6 항 내지 제 8 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 제 2 조절 스텝에서는, 상기 조사 위치가 상기 가공면 상의 가공점에 가까워지도록 상기 제 1 이동 스텝 또는 상기 제 2 이동 스텝의 타방을 실행하는 것을 특징으로 하는 레이저 가공 헤드의 조정 방법.

청구항 10

제 9 항에 있어서,

상기 제 2 조절 스텝에서는, 상기 가공면에 있어서, 상기 제 1 조절 스텝 후의 조사 위치로부터 상기 가공점을 향하는 방향을 따라, 상기 집광 광학계를 이동시키도록 상기 제 2 이동 스텝을 실행하는 것을 특징으로 하는 레이저 가공 헤드의 조정 방법.

청구항 11

제 9 항에 있어서,

상기 제 2 조절 스텝에서는, 상기 가공면에 있어서, 상기 가공점으로부터 상기 제 1 조절 스텝 후의 조사 위치를 향하는 방향을 따라, 상기 레이저 조사부를 이동시키도록 상기 제 1 이동 스텝을 실행하는 것을 특징으로 하는 레이저 가공 헤드의 조정 방법.

청구항 12

제 9 항에 있어서,

상기 제 2 조절 스텝에서는, 상기 가공면에 있어서, 상기 제 1 조절 스텝 후의 조사 위치로부터 상기 가공점을 향하는 방향을 따라, 상기 콜리메이트 광학계를 이동시키도록 상기 제 1 이동 스텝을 실행하는 것을 특징으로 하는 레이저 가공 헤드의 조정 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 개시는, 레이저 가공 헤드 및 레이저 가공 장치 그리고 레이저 가공 헤드의 조정 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 레이저 절단이나 레이저 용접 등의 레이저 가공에 있어서, 레이저 발진기로부터의 레이저광을 피가공물에 조사하기 위한 레이저 가공 헤드를 구비한 레이저 가공 장치가 사용된다.

[0003] 예를 들어, 특허문헌 1 에는, 레이저 발진기로부터의 레이저광을 전달하는 광파이버가 고정되는 레이저 입사부와, 레이저 입사부로부터 조사된 레이저광이 통과하는 렌즈를 포함하는 절단 헤드를 구비한 레이저 가공 장치가 개시되어 있다. 이 레이저 가공 장치에서는, 레이저 입사부로부터의 레이저광을 렌즈에서 집광하여, 레이저광의 에너지 밀도를 높임으로써, 피가공물을 절단하게 되어 있다.

[0004] 또, 특허문헌 1 의 레이저 가공 장치의 절단 헤드에서는, 렌즈에 대해 레이저 입사부 및 광파이버를 이동 또는 경사지게 하여, 레이저 입사부와 렌즈의 위치 관계를 조정 가능하게 되어 있고, 이로써, 피가공물을 절단하는 위치에서의 레이저광의 에너지 강도 분포를 변경할 수 있게 되어 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0005] (특허문헌 0001) 일본 공개특허공보 2014-97523호

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 그런데, 레이저 가공에서는, 피가공물의 가공 위치에 집광된 레이저광의 에너지 강도 분포에 따라, 가공 품질이 영향을 받는 경우가 있다. 예를 들어, 레이저 절단의 경우, 피가공물에 있어서 집광된 레이저광의 에너지 강도 분포에 치우침이 있는 경우, 레이저광의 에너지 밀도가 비교적 작은 장소에서는, 에너지 밀도가 비교적 큰 장소에 비해, 피가공물의 절단면의 조도가 거칠어지는 경향이 된다.

[0007] 이 점, 예를 들어 특허문헌 1 의 절단 헤드에서는, 레이저 입사부와 렌즈의 위치 관계를 조정함으로써, 피가공물의 가공 위치에 있어서의 에너지 강도 분포를 원하는 분포로 적절히 변화시킬 수 있고, 적절한 가공 품질을 얻을 수 있다고 생각된다.

[0008] 그러나, 에너지 강도 분포를 조정하기 위해서, 레이저 입사부와 렌즈의 위치 관계를 변경한 경우, 통상, 이것에 따라, 피가공물 상에 있어서의 레이저광의 조사 위치(집광 위치)도 변화된다.

[0009] 그렇게 하면, 피가공물 상에 있어서의 레이저광의 조사 위치는, 본래의 가공점(즉, 레이저 입사부와 렌즈의 위치 관계를 변경하기 전의 조사 위치)으로부터 어긋나기 때문에, 레이저 입사부를 포함하는 레이저 가공 헤드와, 피가공물의 위치 관계를 변경함으로써 레이저광의 조사 위치를 조정할 필요가 발생한다.

[0010] 또, 레이저 가공 헤드의 선단부 등의 가공점 부근에, 가공용 어시스트 가스의 노즐 등의 부속 장치가 형성되는 경우에는, 상기 서술한 바와 같이 레이저 입사부와 렌즈의 위치 관계를 변경한 결과, 레이저광의 조사 위치가 부속 장치에 겹치는 경우가 있다. 이 경우, 레이저광의 조사 위치와 부속 장치가 겹치지 않도록, 레이저 입사부를 포함하는 레이저 가공 헤드와, 상기 서술한 부속 장치의 위치 관계를 변경할 필요가 발생한다.

[0011] 그래서, 피가공물에 조사되는 레이저광의 에너지 강도 분포를 조절 가능함과 함께, 레이저 가공 헤드와 피가공

물 또는 부속 장치의 상대적인 위치 관계를 조절하지 않아도, 피가공물 상에 있어서의 레이저 조사 위치 (집광 위치) 를 조절 가능하게 하는 것이 요구된다.

[0012] 상기 서술한 사정을 감안하여, 본 발명의 적어도 일 실시형태는, 피가공물에 조사되는 레이저광의 에너지 강도 분포의 조절과, 피가공물 상에서의 레이저 조사 위치의 조절을 양립 가능한 레이저 가공 헤드 및 레이저 가공 장치 그리고 레이저 가공 헤드의 조정 방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

[0013] 본 발명의 적어도 일 실시형태에 관련된 레이저 가공 헤드는,
 [0014] 레이저 조사부와,
 [0015] 상기 레이저 조사부로부터의 레이저광을 콜리메이트하기 위한 콜리메이트 광학계와,
 [0016] 상기 콜리메이트 광학계를 통과한 레이저광을 집광하기 위한 집광 광학계를 구비하는 레이저 가공 헤드로서,
 [0017] 상기 콜리메이트 광학계 및 상기 집광 광학계를 포함하는 광학계는, 상기 집광 광학계를 통과한 레이저광에 코마 수차가 발생할 수 있도록 구성되고,
 [0018] 상기 레이저 조사부 또는 상기 콜리메이트 광학계의 중심축에 직교하는 제 1 방향에 있어서, 상기 레이저 조사부에 대한 상기 콜리메이트 광학계의 상대 위치를 변화시키도록 상기 레이저 조사부 또는 상기 콜리메이트 광학계의 적어도 일방을 이동시키기 위한 제 1 이동부와,
 [0019] 상기 집광 광학계의 중심축에 직교하는 제 2 방향에 있어서, 상기 콜리메이트 광학계에 대한 상기 집광 광학계의 상대 위치를 변화시키도록 상기 집광 광학계를 이동시키기 위한 제 2 이동부를 추가로 구비한다.

발명의 효과

[0020] 본 발명의 적어도 일 실시형태에 의하면, 피가공물에 조사되는 레이저광의 에너지 강도 분포의 조절과, 피가공물 상에서의 레이저 조사 위치의 조절을 양립 가능한 레이저 가공 헤드 및 레이저 가공 장치 그리고 레이저 가공 헤드의 조정 방법이 제공된다.

도면의 간단한 설명

[0021] 도 1 은, 일 실시형태에 관련된 레이저 가공 장치의 개략도이다.
 도 2 는, 일 실시형태에 관련된 레이저 가공 헤드의 개략 단면도이다.
 도 3 은, 일 실시형태에 관련된 레이저 가공 헤드의 개략 단면도이다.
 도 4 는, 일 실시형태에 관련된 레이저 가공 헤드의 조정 방법의 개요를 나타내는 플로 차트이다.
 도 5 는, 일 실시형태에 관련된 레이저 가공 헤드의 조정 과정의 일례를 나타내는 도면이다.
 도 6 은, 일 실시형태에 관련된 레이저 가공 헤드의 조정 과정의 일례를 나타내는 도면이다.
 도 7 은, 일 실시형태에 관련된 레이저 가공 헤드의 조정 과정의 일례를 나타내는 도면이다.
 도 8 은, 일 실시형태에 관련된 레이저 가공 헤드의 조정 과정의 일례를 나타내는 도면이다.
 도 9 는, 일 실시형태에 관련된 레이저 가공 헤드의 조정 과정의 일례를 나타내는 도면이다.
 도 10 은, 일 실시형태에 관련된 레이저 가공 헤드의 조정 과정의 일례를 나타내는 도면이다.
 도 11 은, 일 실시형태에 관련된 레이저 가공 헤드의 조정 과정의 일례를 나타내는 도면이다.
 도 12 는, 일 실시형태에 관련된 레이저 가공 헤드의 조정 과정의 일례를 나타내는 도면이다.
 도 13 은, 일 실시형태에 관련된 레이저 가공 헤드의 조정 과정의 일례를 나타내는 도면이다.
 도 14 는, 일 실시형태에 관련된 레이저 가공 헤드의 조정 과정의 일례를 나타내는 도면이다.
 도 15 는, 일 실시형태에 관련된 레이저 가공 헤드의 조정 과정의 일례를 나타내는 도면이다.
 도 16 은, 일 실시형태에 관련된 레이저 가공 헤드의 조정 과정의 일례를 나타내는 도면이다.

도 17 은, 일 실시형태에 관련된 레이저 가공 헤드의 조정 과정의 일례를 나타내는 도면이다.

도 18 은, 일 실시형태에 관련된 레이저 가공 헤드의 조정 과정의 일례를 나타내는 도면이다.

도 19 는, 전형적인 레이저 가공 헤드의 조정 과정을 나타내는 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0022] 이하, 첨부 도면을 참조하여 본 발명의 몇 개의 실시형태에 대해 설명한다. 단, 실시형태로서 기재되어 있거나 또는 도면에 나타나 있는 구성 부품의 치수, 재질, 형상, 그 상대적 배치 등은, 본 발명의 범위를 이것으로 한정하는 취지는 아니며, 단순한 설명에 불과하다.
- [0023] 먼저, 몇 개의 실시형태에 관련된 레이저 가공 헤드를 구비한 레이저 가공 장치의 개요에 대해 설명한다.
- [0024] 도 1 은, 일 실시형태에 관련된 레이저 가공 장치의 개략도이다. 동 도면에 나타내는 바와 같이, 레이저 가공 장치 (1) 는, 레이저광을 발진하기 위한 레이저 발진기 (2) 와, 광파이버 (4) 와, 레이저 가공 헤드 (6) 와, 가공 스테이지 (8) 를 구비하고 있다.
- [0025] 레이저 발진기 (2) 는, 예를 들어 광파이버 (4) 를 매질로서 이용하는 파이버 레이저 발진기여도 된다. 파이버 레이저 발진기의 경우, 1070 nm ~ 1080 nm 의 파장의 레이저광이 얻어진다. 레이저 발진기 (2) 에서 생성된 레이저광은, 광파이버 (4) 에 전달된다.
- [0026] 또한, 레이저 발진기 (2) 는, 파이버 레이저로 한정되지 않는다. 몇 개의 실시형태에서는, 레이저 발진기 (2) 는, 예를 들어 CO₂ 레이저 발진기, 또는 YAG 레이저 발진기 등이어도 된다.
- [0027] 광파이버 (4) 는, 일단측에 있어서 레이저 발진기 (2) 와 접속되고, 타단측에 있어서 레이저 가공 헤드 (6) 와 접속된다. 광파이버 (4) 는, 레이저 발진기 (2) 로부터 레이저 가공 헤드 (6) 에 레이저광을 전달하도록 구성되어 있다.
- [0028] 레이저 발진기 (2) 에서 발진된 레이저광은, 광파이버 (4) 를 통하여 레이저 가공 헤드 (6) 에 보내진다. 레이저 가공 헤드 (6) 에 대해서는 나중에 상세하게 서술하는데, 레이저 가공 헤드 (6) 는 집광 렌즈를 갖고 있고, 레이저 발진기 (2) 로부터의 레이저광은, 집광 렌즈에서 집광되어 에너지 밀도가 높아져, 가공 스테이지 (8) 상에 배치 (載置) 된 피가공물 (100) 에 조사된다. 이와 같이 하여 조사되는 레이저광에 의해, 피가공물 (100) 이 가공 (예를 들어, 절단 또는 용접 등) 되게 되어 있다.
- [0029] 또한, 피가공물 (100) 은, 금속 또는 합금으로 형성되어 있어도 된다.
- [0030] 레이저 가공 헤드 (6) 에 대해 피가공물 (100) 을 상대적으로 이동시킴으로써, 레이저 가공 헤드 (6) 로부터의 레이저 조사에 의한 피가공물 (100) 의 가공 위치 (즉, 레이저 조사 위치) 를 움직임으로써 가공을 실시한다.
- [0031] 예를 들어, 몇 개의 실시형태에서는, 레이저 가공 헤드 (6) 가 고정되어 있고, 이에 대하여 피가공물 (100) 이 배치되는 가공 스테이지 (8) 는, 광파이버 (4) 로부터 레이저 가공 헤드 (6) 에 조사되는 레이저광의 입사축에 직교하는 평면 (XY 평면 ; 도 1 참조) 을 이동 가능하게 구성되어 있다. 이로써, 가공 스테이지 (8) 상에 배치된 피가공물 (100) 은, 상기 서술한 XY 평면 내에서, 레이저 가공 헤드 (6) 및 레이저광에 대해 이동 가능하다.
- [0032] 또, 다른 몇 개의 실시형태에서는, 가공 스테이지 (8) 및 피가공물 (100) 이 고정되어 있고, 이에 대하여 레이저 가공 헤드 (6) 가 상기 서술한 XY 평면 내에서 이동 가능하게 형성되어 있어도 된다.
- [0033] 이와 같이 하여, 레이저 가공 헤드 (6) 에 대해 피가공물 (100) 을 상대적으로 이동시켜, 피가공물 (100) 을 직선적 또는 곡선적으로 절단하거나, 혹은 용접하거나 할 수 있다.
- [0034] 다음으로, 몇 개의 실시형태에 관련된 레이저 가공 헤드 (6) 에 대해 보다 상세하게 설명한다.
- [0035] 도 2 및 도 3 은, 각각, 일 실시형태에 관련된 레이저 가공 헤드 (6) 의 개략 단면도이다. 도 2 및 도 3 에 나타내는 바와 같이, 몇 개의 실시형태에 관련된 레이저 가공 헤드 (6) 는, 광파이버 (4) (도 1 참조) 로부터의 레이저광 (L) 을 피가공물 (100) 을 향하여 조사하기 위한 레이저 조사부 (14) 와, 콜리메이트 광학계로서의 콜리메이트 렌즈 (16) 와, 집광 광학계로서의 집광 렌즈 (18) 를 구비하고 있다.
- [0036] 레이저 조사부 (14) 와, 콜리메이트 렌즈 (16) 와, 집광 렌즈 (18) 는, 집광 렌즈의 중심축 (03) 의 방향에 있

어서, 이 순서로 배열되어 있다.

- [0037] 레이저 조사부 (14) 는, 레이저 조사부 (14) 의 중심축 (01) 이 흔들리지 않도록, 유지부 (21) 에 의해 유지되어 있다. 콜리메이트 렌즈 (16) 및 집광 렌즈 (18) 는, 하우징 (12) 의 내부에 형성됨과 함께, 제 1 렌즈 유지부 (22) 및 제 2 렌즈 유지부 (25) 를 각각 개재하여, 혹은 직접 하우징 (12) 에 지지되어 있다.
- [0038] 도 2 에 나타내는 예시적인 실시형태에서는, 레이저 조사부 (14) 를 유지하는 유지부 (21) 는, 하우징 (12) 과는 별체로서 형성되어 있다. 또, 콜리메이트 렌즈 (16) 는, 제 1 렌즈 유지부 (22) 로서의 하우징 (12) 에 대해 고정되어 있고, 집광 렌즈 (18) 는, 제 2 렌즈 유지부 (25) 를 개재하여 하우징 (12) 에 지지되어 있다.
- [0039] 도 3 에 나타내는 예시적인 실시형태에서는, 광학계를 수용하는 하우징 (12) 이, 레이저 조사부 (14) 를 유지하는 유지부 (21) 로서 기능하게 되어 있다. 또, 콜리메이트 렌즈 (16) 는, 제 1 렌즈 유지부 (22) 를 개재하여 하우징 (12) 에 지지되어 있고, 집광 렌즈 (18) 는, 제 2 렌즈 유지부 (25) 를 개재하여 하우징 (12) 에 지지되어 있다.
- [0040] 콜리메이트 렌즈 (16) (콜리메이트 광학계) 는, 레이저 조사부 (14) 로부터 확산각을 가지고 조사되는 레이저광을 콜리메이트하도록, 즉, 그 레이저광이 평행 상태가 되게 조정하도록 구성되어 있다. 집광 렌즈 (18) (집광 광학계) 는, 콜리메이트 렌즈 (16) (콜리메이트 광학계) 를 통과한 레이저광을 집광하도록 구성되어 있다. 상기 서술한 바와 같이, 집광 렌즈 (18) 에 의해 집광되어 높은 에너지 밀도를 갖는 레이저광을 피가공물에 조사하여, 그 피가공물을 가공하게 되어 있다.
- [0041] 또한, 도 2 및 도 3 에 나타내는 레이저 가공 헤드 (6) 는, 레이저 가공시에 절단 어시스트 가스 (G) 를 가공 위치를 향하여 분사하기 위한 어시스트 가스 노즐 (26) 을 구비한, 레이저 절단 헤드이다. 어시스트 가스 노즐 (26) 은, 가스 공급구 (28) 와 가스 분사구 (30) 를 갖고 있고, 레이저 가공시에, 가스 공급구 (28) 로부터 공급되는 절단 어시스트 가스 (G) 를, 가스 분사구 (30) 로부터 가공 위치를 향하여 분사하도록 되어 있다.
- [0042] 또, 특별히 도시되지 않지만, 다른 실시형태에서는, 레이저 가공 헤드 (6) 는, 레이저 용접에 사용하는 레이저 용접 헤드여도 된다. 이 경우, 레이저 가공 헤드 (6) 에는, 가공 위치에 용접 와이어를 공급하기 위한 용접 와이어 공급 장치나, 용접 어시스트 가스를 가공 위치를 향하여 분사하기 위한 어시스트 가스 노즐이 형성되어 있어도 된다.
- [0043] 도 2 및 도 3 에 나타내는 레이저 가공 헤드 (6) 에 있어서, 콜리메이트 렌즈 (16) (콜리메이트 광학계) 및 집광 렌즈 (18) (집광 광학계) 를 포함하는 광학계는, 집광 렌즈 (18) (집광 광학계) 를 통과한 레이저광에 코마 수차가 발생할 수 있도록 구성되어 있다.
- [0044] 또, 이 레이저 가공 헤드 (6) 는, 레이저 조사부 (14) 또는 콜리메이트 렌즈 (16) (콜리메이트 광학계) 의 적어도 일방을 이동시키기 위한 제 1 이동부 (20) 와, 집광 렌즈 (18) (집광 광학계) 를 이동시키기 위한 제 2 이동부 (24) 를 구비하고 있다.
- [0045] 제 1 이동부 (20) 는, 레이저 조사부 (14) 의 중심축 (01) 또는 콜리메이트 렌즈 (16) (콜리메이트 광학계) 의 중심축 (02) 에 직교하는 제 1 방향 (도 2 및 도 3 에 있어서의 D1 또는 D2 의 방향) 에 있어서, 레이저 조사부 (14) 에 대한 콜리메이트 렌즈 (16) (콜리메이트 광학계) 의 상대 위치를 변화시키도록, 레이저 조사부 (14) 또는 콜리메이트 렌즈 (16) (콜리메이트 광학계) 의 적어도 일방을 이동시키도록 구성된다.
- [0046] 제 2 이동부는, 집광 렌즈 (18) (집광 광학계) 의 중심축 (03) 에 직교하는 제 2 방향 (도 2 및 도 3 에 있어서의 D3 의 방향) 에 있어서, 콜리메이트 렌즈 (16) (콜리메이트 광학계) 에 대한 집광 렌즈 (18) (집광 광학계) 의 상대 위치를 변화시키도록 집광 렌즈 (18) (집광 광학계) 를 이동시키도록 구성되어 있다.
- [0047] 도 2 에 나타내는 예시적인 실시형태에서는, 레이저 조사부 (14) 를 유지하는 유지부 (21) 가 제 1 이동부 (20) 로서 기능하고, 집광 렌즈 (18) 를 유지하는 제 2 렌즈 유지부 (25) 가 제 2 이동부 (24) 로서 기능하게 되어 있다.
- [0048] 즉, 유지부 (21) 는, 콜리메이트 렌즈 (16) (콜리메이트 광학계) 의 중심축 (02) 에 직교하는 면 내를 이동 가능하게 되어 있다. 이로써, 콜리메이트 렌즈 (16) (콜리메이트 광학계) 의 중심축 (02) 에 직교하는 제 1 방향에 있어서, 레이저 조사부 (14) 에 대한 콜리메이트 렌즈 (16) (콜리메이트 광학계) 의 상대 위치가 변화하게 되어 있다.
- [0049] 또, 제 2 렌즈 유지부 (25) 는, 집광 렌즈 (18) 의 중심축 (03) 에 직교하는 면 내를 이동 가능하게 되어 있다.

이로써, 집광 렌즈 (18) (집광 광학계) 의 중심축 (03) 에 직교하는 제 2 방향에 있어서, 콜리메이트 렌즈 (16) (콜리메이트 광학계) 에 대한 집광 렌즈 (18) (집광 광학계) 의 상대 위치가 변화하게 되어 있다.

[0050] 또, 도 3 에 나타내는 예시적인 실시형태에서는, 콜리메이트 렌즈 (16) 를 유지하는 제 1 렌즈 유지부 (22) 가 제 1 이동부 (20) 로서 기능하고, 집광 렌즈 (18) 를 유지하는 제 2 렌즈 유지부 (25) 가 제 2 이동부 (24) 로서 기능하게 되어 있다.

[0051] 즉, 제 1 렌즈 유지부 (22) 는, 콜리메이트 렌즈 (16) (콜리메이트 광학계) 의 중심축 (02) 에 직교하는 면 내를 이동 가능하게 되어 있다. 이로써, 콜리메이트 렌즈 (16) (콜리메이트 광학계) 의 중심축 (02) 에 직교하는 제 1 방향에 있어서, 레이저 조사부 (14) 에 대한 콜리메이트 렌즈 (16) (콜리메이트 광학계) 의 상대 위치가 변화하게 되어 있다.

[0052] 또, 제 2 렌즈 유지부 (25) 는, 집광 렌즈 (18) 의 중심축 (03) 에 직교하는 면 내를 이동 가능하게 되어 있다. 이로써, 집광 렌즈 (18) (집광 광학계) 의 중심축 (03) 에 직교하는 제 2 방향에 있어서, 콜리메이트 렌즈 (16) (콜리메이트 광학계) 에 대한 집광 렌즈 (18) (집광 광학계) 의 상대 위치가 변화하게 되어 있다.

[0053] 또한, 도 2 및 도 3 에 나타내는 예시적인 실시형태에서는, 중심축 (01 ~ 03) 은, 동일한 방향으로 연장되어 있다. 따라서, 중심축 (01 ~ 03) 에 각각 직교하는 평면은, 서로 평행이다. 또, 중심축 (01 ~ 03) 에 각각 직교하는 평면은, 도 1 에 나타내는 좌표에 있어서의 XY 평면과 평행한 면이어도 된다.

[0054] 제 1 이동부 (20) 또는 제 2 이동부 (24) 로서, 레이저 조사부 (14), 콜리메이트 렌즈 (16) 또는 집광 렌즈 (18) 를 이동시키는 수단으로는, 주지된 수단을 사용할 수 있다. 예를 들어, 제 1 이동부 (20) 또는 제 2 이동부 (24) 로서, 서로 직교하는 2 방향에 있어서 유지 대상을 이동시키는 것이 가능한 XY 스테이지를 사용할 수 있다. 혹은, 볼 나사 등의 이미 알려진 수단을 사용하여, 서로 직교하는 2 방향에 있어서 유지 대상을 이동할 수 있도록 제 1 이동부 (20) 또는 제 2 이동부 (24) 를 구성해도 된다.

[0055] 또한, 도 2 및 도 3 에 나타내는 예시적인 실시형태에서는, 콜리메이트 광학계 및 집광 광학계는, 각각 1 개의 렌즈 (콜리메이트 렌즈 (16) 및 집광 렌즈 (18)) 에 의해 구성되어 있지만, 다른 실시형태에서는, 콜리메이트 광학계 및 집광 광학계는, 각각 2 이상의 렌즈를 포함하고 있어도 된다.

[0056] 또, 콜리메이트 광학계와 집광 광학계 사이에는, 1 이상의 반사경이 형성되어 있어도 된다. 이와 같이, 반사경을 형성함으로써, 콜리메이트 광학계로부터 집광 광학계를 향하는 레이저광의 광로를, 반사경에서의 반사에 의해, 예를 들어 L 자상이나 N 자상으로 절곡할 수 있고, 레이저 조사부 (14), 콜리메이트 광학계, 및 집광 광학계가 직선상으로 배열되는 경우에 비해, 레이저 가공 헤드 (6) 를 콤팩트화할 수 있는 경우가 있다.

[0057] 도 4 는, 일 실시형태에 관련된 레이저 가공 헤드 (6) 의 조정 방법의 개요를 나타내는 플로 차트이다.

[0058] 또, 도 5 ~ 도 18 은, 도 2 또는 도 3 에 나타내는 레이저 가공 헤드 (6) 의 조정 과정의 일례를 나타내는 도면이고, (A)(B)(C) 의 순서로, 레이저 조사부 (14), 콜리메이트 렌즈 (16) 또는 집광 렌즈 (18) 의 어느 것을 이동시키고 있는 것을 나타낸다. 또한, 도면 중의 화살표는, 이들 부재의 이동 방향을 나타낸다. 예를 들어, 도 5 에 있어서, (A) 가 레이저 가공 헤드 (6) 의 조정 전의 초기 상태를 나타내고, (B) 는, 레이저 조사부 (14) 를 초기 상태의 위치 (이점쇄선으로 나타낸다) 로부터 이동시킨 후의 상태를 나타내고, (C) 는, 집광 렌즈 (18) 를 (B) 의 위치 (이점쇄선으로 나타낸다) 로부터 이동시킨 후의 상태를 나타낸다.

[0059] 또, 도 5 ~ 도 18 의 (A) ~ (C) 의 (a) 는, 피가공물 (100) 상의 조사 위치 (P) 에서의 X 방향으로 있어서의 에너지 강도 분포 (이하, 간단히 에너지 강도 분포라고도 한다.) 를 나타낸다.

[0060] 도 5 ~ 도 18 의 (A) ~ (C) 의 (b) 는, 피가공물 (100) 상의 조사 위치 (P) 에서의 XY 평면 상에 있어서의 광선 위치를 나타내고, 위치 (P1) 는, 광선의 중심 부근의 광이 집광하는 위치를 나타내고, 위치 (P2) 는, 광선의 외측의 광이 집광하는 위치를 나타낸다.

[0061] 또한, 도 5 ~ 도 18 에서는, 도시를 간략화하고, 레이저 가공 헤드 (6) 중 주요한 구성 요소만이 나타나 있다.

[0062] 도 2 또는 도 3 에 나타내는 레이저 가공 헤드 (6) 는, 이하에 설명하는 순서에 의해, 에너지 강도 분포의 조정과, 조사 위치 (P) 의 조절을 실시할 수 있다 (즉, 레이저 가공 헤드 (6) 의 조정을 실시할 수 있다).

[0063] 도 4 에 나타내는 바와 같이, 일 실시형태에서는, 먼저, 레이저 가공 헤드 (6) 로부터 출력되는 레이저광의 피가공물 (100) 의 가공면에 있어서의 에너지 강도를 원하는 분포로 조절한다 (제 1 조절 스텝 ; S2). 다음으로, 피가공물 (100) 의 가공면에 있어서의 조사 위치 (P) 를 조절한다 (제 2 조절 스텝 ; S4).

- [0064] (제 1 조절 스텝 S2)
- [0065] 제 1 조절 스텝에서는, 이하의 제 1 이동 스텝 또는 제 2 이동 스텝의 어느 것을 실시한다.
- [0066] 즉, 제 1 이동 스텝에서는, 상기 서술한 제 1 이동부 (20) 에 의해, 레이저 조사부 (14) 의 중심축 (01) 또는 콜리메이트 렌즈 (16) 의 중심축 (02) 에 직교하는 제 1 방향에 있어서, 레이저 조사부 (14) 에 대한 콜리메이트 렌즈 (16) 의 상대 위치를 변화시키도록, 레이저 조사부 (14) 또는 콜리메이트 렌즈 (16) 의 적어도 일방을 이동시킨다. 제 2 이동 스텝에서는, 상기 서술한 제 2 이동부 (24) 에 의해, 집광 렌즈 (18) 의 중심축 (03) 에 직교하는 제 2 방향에 있어서, 콜리메이트 렌즈 (16) 에 대한 집광 렌즈 (18) 의 상대 위치를 변화시키도록 집광 렌즈 (18) 를 이동시킨다.
- [0067] 여기서, 제 1 조절 스텝에서는, 상기 서술한 제 1 이동 스텝 또는 제 2 이동 스텝 중, 코마 수차의 변화량이 보다 크게 발생하는 일방을 실행한다. 즉, 제 1 이동부 (20) 에 의한, 제 1 방향에 있어서의 레이저 조사부 (14) 에 대한 콜리메이트 렌즈 (16) 의 이동량에 대한 코마 수차의 변화량과, 제 2 이동부 (24) 에 의한, 제 2 방향에 있어서의 콜리메이트 렌즈 (16) 에 대한 집광 렌즈 (18) 의 이동량에 대한 코마 수차의 변화량을 비교하여, 어느 큰 일방을 실행한다.
- [0068] 이와 같이 하여, 제 1 조절 스텝에서는, 레이저 가공 헤드 (6) 로부터 출력되는 레이저광의 피가공물 (100) 의 가공면에 있어서의 에너지 강도를 원하는 분포로 조절한다.
- [0069] 또한, 상기 서술한 코마 수차의 변화량이란, 피가공물 (100) 상의 조사 위치 (P) 에 있어서의, 광선의 중심 부근의 광이 집광하는 위치 (P1) (도 5 등 참조) 와, 광선의 외측의 광이 집광하는 위치 (P2) (도 5 등 참조) 의 거리의 변화량이어도 된다.
- [0070] (제 2 조절 스텝 (S4))
- [0071] 상기 서술한 제 1 조절 스텝 (S2) 후, 제 2 조절 스텝 (S4) 에서는, 피가공물 (100) 의 가공면에 있어서의 조사 위치 (P) 를 조절하도록, 제 1 이동 스텝 또는 제 2 이동 스텝의 타방 (즉, 코마 수차의 변화량이 보다 작게 발생하는 일방) 을 실행한다.
- [0072] 이와 같이 하여, 제 2 조절 스텝에서는, 피가공물 (100) 의 가공면에 있어서의 조사 위치 (P) 를 조절한다.
- [0073] 일 실시형태에 관련된 레이저 가공 헤드 (6) 의 조정 과정의 일례로서, 도 5 에 나타내는 경우에 대해, 상기 서술한 제 1 조절 스텝 (S2) 및 제 2 조절 스텝 (S4) 을 따라 설명한다.
- [0074] 도 5 에 있어서의 레이저 가공 헤드 (6) 는, 도 2 에 나타내는 레이저 가공 헤드 (6) 에 대응하고 있다. 즉, 도 5 에 있어서의 레이저 가공 헤드 (6) 에서는, 콜리메이트 렌즈 (16) 및 집광 렌즈 (18) 를 포함하는 광학계는, 집광 렌즈 (18) 를 통과한 레이저광에 코마 수차가 발생하도록 구성되어 있다. 또, 도 5 에 있어서의 레이저 가공 헤드 (6) 에서는, 제 1 이동부 (20) 에 의해 레이저 조사부 (14) 가 이동 가능하게 되어 있고, 제 2 이동부 (24) 에 의해 집광 렌즈 (18) 가 이동 가능하게 되어 있다. 또한, 도 5 에 있어서의 레이저 가공 헤드 (6) 에서는, 제 1 이동부 (20) 를 작동시킨 경우가, 제 2 이동부 (24) 를 작동시킨 경우에 비해, 코마 수차의 변화량이 보다 크게 발생하도록 구성되어 있다.
- [0075] 도 5(A) 에 나타내는 초기 상태에서는, 레이저 조사부 (14), 콜리메이트 렌즈 (16), 및 집광 렌즈 (18) 는, 동축 상에 늘어서 있고, 콜리메이트 렌즈 (16) 및 집광 렌즈 (18) 의 광축과, 레이저 조사부 (14) 로부터의 입사광의 광축이 축 (Q) 에서 일치하고 있다. 단, 이 초기 상태에 있어서, 조사 위치 (P) 에서의 X 방향에 있어서의 에너지 강도 분포에 치우침이 있고, X 방향의 일단부에 있어서 에너지 밀도가 높고, 타단부를 향함에 따라 에너지 밀도가 감소하게 되어 있다.
- [0076] 이와 같은 초기 상태에서부터, 제 1 조절 스텝 (S2) 을 실시하고, 에너지 강도 분포의 조절을 실시한다. 구체적으로는, 도 5(A) 의 상태에서부터, 제 1 이동부 (20) 와 제 2 이동부 (24) 중, 코마 수차의 변화량이 보다 크게 발생하는 제 1 이동부 (20) 를 작동시키고, 레이저 조사부 (14) 를 제 1 방향에 있어서 이동시켜, 레이저 조사부 (14) 에 대한 콜리메이트 렌즈 (16) 의 상대 위치를 변화시킨다 (도 5(B) 참조). 이로써, 집광 렌즈 (18) 로부터의 레이저광은, 광선의 중심 부근의 광이 집광하는 위치 (P1) 와, 외측의 광이 집광하는 위치 (P2) 가 어긋난다 (코마 수차가 발생한다 ; 도 5(B)(b) 참조).
- [0077] 이와 같은 코마 수차의 발생을 이용하여, 에너지 강도 분포를 변화시킬 수 있다. 예를 들어, 도 5(B) 에 나타내는 예에서는, 제 1 이동부 (20) 에 의해 레이저 조사부 (14) 를 X 방향으로 이동시킴으로써, X 방향에 있어

서의 에너지 강도 분포를, 도 5(A)(a)에 비해 평탄화시키고 있다 (도 5(B)(a) 참조).

- [0078] 이와 같이, 제 1 조절 스텝 (S2)에서는, 제 1 이동부 (20) 및 제 2 이동부 (24) 중, 코마 수차의 변화량이 보다 크게 발생하는 일방 (도 5에 있어서는 제 1 이동부 (20))을 작동시킴으로써, 레이저 조사 위치 (P)에 있어서의 에너지 강도 분포를 효과적으로 변화시킬 수 있다. 따라서, 제 1 이동부 (20) 및 제 2 이동부 (24)의 일방 (도 5의 경우에는 제 1 이동부 (20))을 적절히 작동시킴으로써, 레이저 조사 위치 (P)에 있어서의 에너지 강도 분포를 적절히 조절할 수 있다.
- [0079] 또한, 상기 서술한 예와 같이, 레이저 조사 위치 (P)에 있어서의 에너지 강도 분포를 평탄화시킴으로써, 레이저 광에 의한 가공의 불균일을 저감시킬 수 있다. 레이저 광은, 레이저 조사 위치 (P)에 있어서 어느 정도의 확산을 가지며 (도면에서는 원 형상이지만, 타원 형상 등인 경우도 있다.), 피가공물에 대한 레이저 광의 진행 방향의 전방과 양측방 부분이, 절단면의 조도에 관해서 지배적으로 영향을 준다. 예를 들어, 피가공물을 도려내는 경우에는 레이저 광이 그 전체 둘레에 걸쳐서 절단에 기여한다. 그 때문에, 레이저 조사 위치 (P)에 있어서의 에너지 강도 분포가 평탄화되어 있으면, 절단면의 조도의 정도를, 절단 지점에 의하지 않고 균일화할 수 있다.
- [0080] 상기 서술한 바와 같이, 제 1 조절 스텝 (S2)을 실시함으로써, 레이저 조사 위치 (P)에 있어서의 에너지 강도 분포를 적절히 조절할 수 있지만, 레이저 조사부 (14)에 대한 콜리메이트 렌즈 (16)의 상대 위치를 변화시킨 결과, 피가공물 (100)에 있어서의 레이저 광의 조사 위치 (P) (또는 집광 위치)가, 가공점인 초기 위치 (도 5(A) 참조)의 축 (Q)으로부터 어긋나 있다 (도 5(B) 참조).
- [0081] 그래서, 제 1 조절 스텝 (S2)을 실시한 결과 어긋난 조사 위치 (P)를 초기의 가공점에 이동하기 위해, 제 2 조절 스텝 (S4)을 실시한다. 구체적으로는, 도 5(B)의 상태에서부터, 제 1 이동부 (20)와 제 2 이동부 (24) 중, 코마 수차의 변화량이 보다 작게 발생하는 제 2 이동부 (24)를 작동시켜, 집광 렌즈 (18)를 X축 방향 (제 2 방향)에 있어서 이동시키고, 제 2 방향에 있어서, 콜리메이트 렌즈 (16)에 대한 집광 렌즈 (18)의 상대 위치를 변화시킨다 (도 5(C) 참조). 이로써, 집광 렌즈 (18)로부터의 레이저 광의 조사 위치 (P) (집광 위치)를, 제 2 방향 (X 방향)에 있어서 이동시켜, 예를 들어 도 5(C)에 나타내는 바와 같이, 가공점 (초기 위치인 축 (Q)의 위치)에 위치시킬 수 있다.
- [0082] 이와 같이 하여, 제 1 이동부 (20)와 제 2 이동부 (24) 중, 코마 수차의 변화량이 보다 작게 발생하는 일방 (도 5의 경우에는 제 2 이동부 (24))을 적절히 작동시킴으로써, 레이저 광의 조사 위치 (P)를 적절히 조절할 수 있다. 따라서, 제 1 조절 스텝 (S2)에 있어서 에너지 강도 분포를 조정할 때에 발생하는 레이저 조사 위치 (P)의 어긋남을 보정할 수 있다.
- [0083] 여기서, 도 19는, 전형적인 레이저 가공 헤드의 조정 과정을 나타내는 도면이고, (A)(B)의 순서로, 레이저 조사부 (14), 콜리메이트 렌즈 (16) 또는 집광 렌즈 (18)의 어느 것을 이동시키고 있는 것을 나타낸다.
- [0084] 도 19에 나타내는 전형적인 레이저 가공 헤드에서는, 상기 서술한 도 2, 도 3, 도 5 ~ 도 18에 나타내는 레이저 가공 헤드 (6)와는 달리, 콜리메이트 렌즈 (16) 및 집광 렌즈 (18)를 포함하는 광학계는, 코마 수차가 보정되어 있고, 집광 렌즈 (18)를 통과한 레이저 광에 코마 수차가 발생하지 않거나 또는 매우 작아지도록 되어 있다.
- [0085] 도 19(A)에 나타내는 초기 상태에서는, 상기 서술한 도 5(A)와 동일하게, 레이저 조사부 (14), 콜리메이트 렌즈 (16), 및 집광 렌즈 (18)는, 동축 상에 놓여져 있고, 콜리메이트 렌즈 (16) 및 집광 렌즈 (18)의 광축과, 레이저 조사부 (14)로부터의 입사 광의 광축이 축 (Q)에서 일치하고 있다. 단, 이 초기 상태에 있어서, 조사 위치 (P)에서의 X 방향에 있어서의 에너지 강도 분포에 치우침이 있고, X 방향의 일단부에 있어서 에너지 밀도가 높고, 타단부를 향함에 따라 에너지 밀도가 감소하게 되어 있다.
- [0086] 도 19에 나타내는 예와 같이, 콜리메이트 렌즈 (16) 및 집광 렌즈 (18)를 포함하는 광학계로서, 코마 수차가 보정된 광학계가 사용되고 있는 경우, 도 19(A)에 나타내는 초기 상태에서부터, 레이저 조사부 (14)를 이동시켜, 레이저 조사부 (14)에 대한 콜리메이트 렌즈 (16)의 상대 위치를 변화시켜도 (도 19(B) 참조), 상기 서술한 광학계의 코마 수차가 보정되고 있으므로, 집광 렌즈 (18)에 의한 집광 위치 (즉 피가공물 (100)상의 레이저 조사 위치 (P))에 있어서 레이저 광은 1점에 집중한다. 이 때문에, 레이저 조사 위치 (P)에 있어서의 에너지 강도 분포 (도 19(B)(a) 참조)는, 상기 서술한 상대 위치의 변화 전 (도 19(A)(a) 참조)과 비교하여 크게는 변하지 않는다. 따라서, 이와 같은 레이저 가공 헤드에서는, 에너지 강도 분포를 효과적으로 조절하는 것은 어렵다.

- [0087] 이 점, 몇 개의 실시형태에 관련된 레이저 가공 헤드 (6) 에서는, 상기 서술한 바와 같이, 제 1 조절 스텝 (S2) 에 있어서, 제 1 이동부 (20) 및 제 2 이동부 (24) 중, 코마 수차의 변화량이 보다 크게 발생하는 일방 (예를 들어, 도 5 에 있어서는 제 1 이동부 (20)) 을 작동시킴으로써, 레이저 조사 위치 (P) 에 있어서의 에너지 강도 분포를 효과적으로 변화시킬 수 있다. 따라서, 제 1 이동부 (20) 및 제 2 이동부 (24) 의 일방 (도 5 의 경우에는 제 1 이동부 (20)) 을 적절히 작동시킴으로써, 레이저 조사 위치 (P) 에 있어서의 에너지 강도 분포를 적절히 조절할 수 있다.
- [0088] 또, 제 2 조절 스텝에 있어서, 제 1 이동부 (20) 와 제 2 이동부 (24) 중, 코마 수차의 변화량이 보다 작게 발생하는 일방 (도 5 의 경우에는 제 2 이동부 (24)) 을 적절히 작동시킴으로써, 레이저광의 조사 위치 (P) 를 적절히 조절할 수 있다. 따라서, 제 1 조절 스텝 (S2) 에 있어서 에너지 강도 분포를 조정할 때에 발생하는 레이저 조사 위치 (P) 의 어긋남을 보정할 수 있다.
- [0089] 이와 같이, 실시형태에 관련된 레이저 가공 헤드 (6) 에 의하면, 피가공물 (100) 에 조사되는 레이저광의 에너지 강도 분포의 조절과, 피가공물 (100) 상에서의 레이저 조사 위치 (P) 의 조절을 독립적으로 실시하고, 또한 양립할 수 있다.
- [0090] 또한, 본 명세서에서는, 제 1 조절 스텝 (S2) 에서의 에너지 강도 분포의 조절로서, 주로, 에너지 강도 분포를 평탄화시키는 것에 대하여 설명하지만, 본 발명은 이것으로 한정되지 않고, 원하는 에너지 강도 분포로 조절하는 것이 포함된다. 예를 들어, 피가공물을 2 개로 분단하여, 일방을 제품으로 하고 타방을 스크랩으로 하여 폐기하는 경우에는, 스크랩의 가공면이 거칠어도 문제 없기 때문에, 스크랩이 되는 측의 피가공물에 접촉하는 레이저광의 영역을 강한 에너지 분포로 할 필요는 없다. 즉, 제품이 되는 측의 피가공물에 접촉하는 레이저광의 영역을 강한 에너지 분포로 하면 되므로, 에너지 강도 분포에 굳이 어느 정도의 치우침을 갖게 하도록, 그 에너지 분포를 조절하는 것도, 본 발명에 포함된다.
- [0091] 다음으로, 도 5 ~ 도 18 을 참조하여, 몇 개의 실시형태에 관련된 레이저 가공 헤드의 조정 방법에 있어서의 제 1 이동부 (20) 및 제 2 이동부 (24) 의 구체적인 움직이는 방식의 패턴에 대해 설명한다. 또한, 도 5 에 대해서는, 이미 제 1 이동부 (20) 및 제 2 이동부 (24) 의 움직이는 방식에 대해 구체적으로 설명했으므로, 이하에 있어서는, 도 6 ~ 도 18 에 나타내는 예에 대해, 도 5 에 나타내는 경우와의 차이를 중심으로 설명하고, 도 5 의 경우와 동일한 점에 대해서는, 설명을 적절히 생략한다. 또, 도 5 ~ 도 18 에 나타내는 각 예에서는, 레이저광의 에너지 강도 분포를 평탄화하도록 조정하고 있다.
- [0092] 도 6 에 있어서의 레이저 가공 헤드 (6) 는, 도 5 에 나타내는 예와 동일하게, 도 2 에 나타내는 레이저 가공 헤드에 대응하고 있다. 즉, 도 6 에 나타내는 레이저 가공 헤드 (6) 에서는, 콜리메이트 렌즈 (16) 및 집광 렌즈 (18) 를 포함하는 광학계는, 집광 렌즈 (18) 를 통과한 레이저광에 코마 수차가 발생하도록 구성되어 있다. 또, 도 6 에 나타내는 레이저 가공 헤드 (6) 에서는, 도 5 의 경우와 동일하게, 제 1 이동부 (20) 에 의해 레이저 조사부 (14) 가 이동 가능하게 되어 있고, 제 2 이동부 (24) 에 의해 집광 렌즈 (18) 가 이동 가능하게 되어 있다. 또한, 도 6 에 나타내는 레이저 가공 헤드 (6) 에서는, 도 5 에 나타내는 경우와 달리, 제 2 이동부 (24) 를 작동시킨 경우가, 제 1 이동부 (20) 를 작동시킨 경우에 비해, 코마 수차의 변화량이 보다 크게 발생하도록 구성되어 있다.
- [0093] 도 6 에 나타내는 레이저 가공 헤드 (6) 의 조정에 있어서는, 제 1 조절 스텝 (S2) 과, 제 2 조절 스텝 (S4) 에 있어서, 작동시키는 이동부 (제 1 이동부 (20) 또는 제 2 이동부 (24)) 가 도 5 의 경우와 상이하다.
- [0094] 즉, 도 6 에 나타내는 레이저 가공 헤드 (6) 에서는, 제 1 조절 스텝 (S2) 에 있어서, 제 1 이동부 (20) 및 제 2 이동부 (24) 중, 코마 수차의 변화량이 보다 크게 발생하는 제 2 이동부 (24) 를 작동시켜, 콜리메이트 렌즈 (16) 를 상기 서술한 제 2 방향에 있어서 이동시킨다. 이로써, 그 제 2 방향에 있어서 콜리메이트 렌즈 (16) 에 대한 집광 렌즈 (18) 의 상대 위치를 이동시켜, 레이저 조사 위치 (P) 에 있어서의 에너지 강도 분포를 효과적으로 변화시킬 수 있다. 따라서, 제 2 이동부 (24) 를 적절히 작동시킴으로써, 레이저 조사 위치 (P) 에 있어서의 에너지 강도 분포를 적절히 조절할 수 있다 (도 6(B) 참조).
- [0095] 또, 제 2 조절 스텝 (S4) 에 있어서, 제 1 이동부 (20) 와 제 2 이동부 (24) 중, 코마 수차의 변화량이 보다 작게 발생하는 제 1 이동부 (20) 를 적절히 작동시켜, 레이저 조사부 (14) 를 이동시킨다. 이로써, 상기 서술한 제 1 방향에 있어서 레이저 조사부 (14) 에 대한 콜리메이트 렌즈 (16) 의 상대 위치를 이동시켜, 레이저광의 조사 위치 (P) 를 적절히 조절할 수 있다 (도 6(C) 참조). 이로써, 제 1 조절 스텝 (S2) 에 있어서 에너지 강도 분포를 조정할 때에 발생하는 레이저 조사 위치 (P) 의 어긋남 (도 6(B) 참조) 을 보정할 수 있다.

- [0096] 도 7 및 도 8 에 나타내는 예는, 각각 도 3 에 나타내는 레이저 가공 헤드 (6) 에 대응한 것이지만, 그 밖의 점은, 도 5 및 도 6 에 나타내는 예와 각각 동일하다.
- [0097] 즉, 도 7 및 도 8 에 나타내는 레이저 가공 헤드 (6) 에서는, 콜리메이트 렌즈 (16) 및 집광 렌즈 (18) 를 포함하는 광학계는, 집광 렌즈 (18) 를 통과한 레이저광에 코마 수차가 발생하도록 구성되어 있다. 또, 도 7 및 도 8 에 나타내는 레이저 가공 헤드 (6) 에서는, 제 1 이동부 (20) 에 의해 콜리메이트 렌즈 (16) 가 이동 가능하게 되어 있고, 제 2 이동부 (24) 에 의해 집광 렌즈 (18) 가 이동 가능하게 되어 있다. 또한, 도 7 에 나타내는 레이저 가공 헤드 (6) 에서는, 도 5 에 나타내는 경우와 동일하게, 제 1 이동부 (20) 를 작동시킨 경우가, 제 2 이동부 (24) 를 작동시킨 경우에 비해, 코마 수차의 변화량이 보다 크게 발생하도록 구성되고, 도 8 에 나타내는 레이저 가공 헤드 (6) 에서는, 도 6 에 나타내는 경우와 동일하게, 제 2 이동부 (24) 를 작동시킨 경우가, 제 1 이동부 (20) 를 작동시킨 경우에 비해, 코마 수차의 변화량이 보다 크게 발생하도록 구성되어 있다.
- [0098] 따라서, 도 7 에 나타내는 레이저 가공 헤드 (6) 의 조정에 있어서는, 제 1 조절 스텝 (S2) 에 있어서, 제 1 이동부 (20) 및 제 2 이동부 (24) 중, 코마 수차의 변화량이 보다 크게 발생하는 제 1 이동부 (20) 를 작동시켜, 콜리메이트 렌즈 (16) 를 이동시킨다. 이로써, 상기 서술한 제 1 방향에 있어서 레이저 조사부 (14) 에 대한 콜리메이트 렌즈 (16) 의 상대 위치를 이동시켜, 레이저 조사 위치 (P) 에 있어서의 에너지 강도 분포를 효과적으로 변화시킬 수 있다 (도 7(B) 참조).
- [0099] 또, 제 2 조절 스텝 (S4) 에서는, 제 1 이동부 (20) 와 제 2 이동부 (24) 중, 코마 수차의 변화량이 보다 작게 발생하는 제 2 이동부 (24) 를 적절히 작동시켜, 콜리메이트 렌즈 (16) 를 상기 서술한 제 2 방향에 있어서 이동시킨다. 이로써, 그 제 2 방향에 있어서 콜리메이트 렌즈 (16) 에 대한 집광 렌즈 (18) 의 상대 위치를 이동시켜, 레이저광의 조사 위치 (P) 를 적절히 조절할 수 있다 (도 7(C) 참조).
- [0100] 또, 도 8 에 나타내는 레이저 가공 헤드 (6) 의 조정에 있어서는, 제 1 조절 스텝 (S2) 에 있어서, 제 1 이동부 (20) 및 제 2 이동부 (24) 중, 코마 수차의 변화량이 보다 크게 발생하는 제 2 이동부 (24) 를 적절히 작동시켜, 콜리메이트 렌즈 (16) 를 상기 서술한 제 2 방향에 있어서 이동시킨다. 이로써, 그 제 2 방향에 있어서 콜리메이트 렌즈 (16) 에 대한 집광 렌즈 (18) 의 상대 위치를 이동시켜, 레이저 조사 위치 (P) 에 있어서의 에너지 강도 분포를 효과적으로 변화시킬 수 있다 (도 8(B) 참조).
- [0101] 또, 제 2 조절 스텝 (S4) 에서는, 제 1 이동부 (20) 와 제 2 이동부 (24) 중, 코마 수차의 변화량이 보다 작게 발생하는 제 1 이동부 (20) 를 작동시켜, 콜리메이트 렌즈 (16) 를 이동시킨다. 이로써, 상기 서술한 제 1 방향에 있어서 레이저 조사부 (14) 에 대한 콜리메이트 렌즈 (16) 의 상대 위치를 이동시켜, 레이저광의 조사 위치 (P) 를 적절히 조절할 수 있다 (도 8(C) 참조).
- [0102] 도 9 및 도 10 에 나타내는 예는, 각각 도 2 에 나타내는 레이저 가공 헤드 (6) 에 대응한 것이고, 도 5 및 도 6 에 나타내는 예와 유사하다.
- [0103] 도 9 및 도 10 에 나타내는 예에 있어서, 도 5 및 도 6 과 상이한 것은, 초기 상태 (도 9(A), 도 10(A) 참조) 에 있어서, 레이저 조사 위치 (P) 에 있어서의 에너지 강도 분포가 이미 평탄화되어 있는 것, 및 레이저광의 조사 위치 (P) (집광 위치) 가, X 방향 (제 1 방향, 제 2 방향) 에 있어서, 가공점을 나타내는 축 (Q) 으로부터 어긋나 있는 것이다.
- [0104] 도 9 및 도 10 에 나타내는 예에서는, 레이저 조사 위치 (P) 에 있어서의 에너지 강도 분포가 이미 평탄화되어 있기 때문에, 도려내기 가공 등의 레이저광이 그 전체 둘레에 걸쳐서 절단에 기여하는 경우에는, 그것 이상 에너지 강도 분포를 조정할 필요가 없다 (즉, 제 1 조절 스텝 (S2) 을 실시할 필요가 없다). 따라서, 초기 상태 (도 9(A), 도 10(A) 참조) 에 있어서 발생하고 있는 조사 위치 (P) 의 어긋남을, 제 2 조절 스텝 (S4) 을 실시하여 시정하고 있다 (도 9(B), 도 10(B) 참조).
- [0105] 굳이 에너지 분포를 치우치게 하는 경우에는, 초기 상태의 에너지 분포가 평탄화되어 있는 상태에서 제 1 조절 스텝 (S2) 을 실시하고, 이 조절에 의해 발생한 조사 위치 (P) 의 어긋남을, 제 2 조절 스텝 (S4) 을 실시하여 시정하면 된다.
- [0106] 또한, 도 9 에 나타내는 예에 있어서의 제 2 조절 스텝 (S4) 은, 도 5 에 나타내는 예에 있어서의 제 2 조절 스텝 (S4) 과 동일하고, 도 10 에 나타내는 예에 있어서의 제 2 조절 스텝 (S4) 은, 도 6 에 나타내는 예에 있어서의 제 2 조절 스텝 (S4) 과 동일하므로, 설명을 생략한다.

- [0107] 초기 상태에 있어서 조사 위치 (P) 가 어긋나 있는 경우로서, 에너지 강도 분포를 조절하는 경우도, 먼저 에너지 강도 분포를 조절하고 나서 조사 위치 (P) 를 조절한다. 상기 서술한 바와 같이, 에너지 강도 분포를 조절하면 조사 위치 (P) 가 어긋나기 때문에, 먼저 조절한 조사 위치 (P) 를 다시 조절할 필요가 있어, 두 번 수고를 하게 되기 때문이다.
- [0108] 도 11 및 도 12 에 나타내는 예는, 각각 도 2 에 나타내는 레이저 가공 헤드 (6) 에 대응한 것이고, 도 5 및 도 6 에 나타내는 예와 유사하다.
- [0109] 도 11 및 도 12 에 나타내는 예에 있어서, 도 5 및 도 6 과 상이한 것은, 초기 상태 (도 11(A), 도 12(A) 참조) 에 있어서, 레이저광의 조사 위치 (P) (집광 위치) 가, X 방향 (제 1 방향, 제 2 방향) 에 있어서, 가공점을 나타내는 축 (Q) 으로부터 어긋나 있는 것이다.
- [0110] 도 11 및 도 12 에 나타내는 예에서는, 도 5 및 도 6 에 나타내는 예와 각각 동일하게, 제 1 조절 스텝 (S2) 을 실시함으로써 에너지 강도 분포의 조절을 할 수 있음과 함께 (도 11(B), 도 12(B) 참조), 제 2 조절 스텝 (S4) 을 실시함으로써 레이저광의 조사 위치 (P) 의 조절을 할 수 있다 (도 11(C), 도 12(C) 참조).
- [0111] 단, 도 11 및 도 12 에 나타내는 예에서는, 초기 상태에 있어서, 레이저광의 조사 위치 (P) (집광 위치) 가, X 방향 (제 1 방향, 제 2 방향) 에 있어서, 가공점을 나타내는 축 (Q) 으로부터 어긋나 있는 것에 더하여, 제 1 조절 스텝 (S2) 을 실시하여 에너지 강도 분포의 조절을 했을 때에, 추가로 조사 위치 (P) 의 축 (Q) (가공점) 으로부터의 어긋남이 커져 있다 (도 11(B), 도 12(B) 참조). 이 때문에, 제 2 조절 스텝 (S4) 에서 레이저광의 조사 위치 (P) 를 축 (Q) (가공점) 의 위치까지 이동시키기 위해서, 제 1 이동부 (20) 또는 제 2 이동부 (24) 의 이동량을 보다 크게 할 필요가 있다.
- [0112] 도 13 및 도 14 에 나타내는 예는, 각각 도 2 에 나타내는 레이저 가공 헤드 (6) 에 대응한 것이고, 도 11 및 도 12 에 나타내는 예와 유사하다.
- [0113] 도 13 및 도 14 에 나타내는 예에 있어서, 도 11 및 도 12 와 상이한 것은, 초기 상태 (도 13(A), 도 14(A) 참조) 에 있어서, 레이저광의 조사 위치 (P) (집광 위치) 가, X 방향 (제 1 방향, 제 2 방향) 에 있어서, 가공점을 나타내는 축 (Q) 을 사이에 두고 반대측에, 그 가공점으로부터 어긋나 있는 것이다.
- [0114] 도 13 및 도 14 에 나타내는 예에서는, 도 11 및 도 12 에 나타내는 예와 각각 동일하게 (즉, 도 5 및 도 6 에 나타내는 예와 각각 동일하게), 제 1 조절 스텝 (S2) 을 실시함으로써 에너지 강도 분포의 조절을 할 수 있음과 함께 (도 13(B), 도 14(B) 참조), 제 2 조절 스텝 (S4) 을 실시함으로써 레이저광의 조사 위치 (P) 의 조절을 할 수 있다 (도 13(C), 도 14(C) 참조).
- [0115] 단, 도 13 및 도 14 에 나타내는 예에서는, 제 1 조절 스텝 (S2) 을 실시함으로써 에너지 강도 분포의 조절을 한 시점에 있어서 (도 13(B), 도 14(B) 참조), 레이저광의 조사 위치 (P) 가, 초기 상태의 위치로부터, 가공점을 나타내는 축 (Q) 을 사이에 두고 반대측으로 이동하였다. 이 경우, 제 2 조절 스텝 (S4) 에서는, 도 11 및 도 12 에 나타내는 예와 동일한 방향으로 제 1 이동부 (20) 또는 제 2 이동부 (24) 를 움직임으로써, 조사 위치 (P) 를 적절히 조절할 수 있다.
- [0116] 도 15 및 도 16 에 나타내는 예는, 각각 도 2 에 나타내는 레이저 가공 헤드 (6) 에 대응한 것이고, 도 13 및 도 14 에 나타내는 예와 유사하다.
- [0117] 도 15 및 도 16 에 나타내는 예에 있어서, 도 13 및 도 14 와 상이한 것은, 초기 상태 (도 15(A), 도 16(A) 참조) 에 있어서, 레이저광의 조사 위치 (P) (집광 위치) 가, X 방향 (제 1 방향, 제 2 방향) 에 있어서, 가공점을 나타내는 축 (Q) 을 사이에 두고 반대측에, 그 가공점으로부터 어긋나 있고, 그 어긋남량이 보다 큰 것이다.
- [0118] 도 15 및 도 16 에 나타내는 예에서는, 도 13 및 도 14 에 나타내는 예와 각각 동일하게 (즉, 도 5 및 도 6 에 나타내는 예와 각각 동일하게), 제 1 조절 스텝 (S2) 을 실시함으로써 에너지 강도 분포의 조절을 할 수 있음과 함께 (도 15(B), 도 16(B) 참조), 제 2 조절 스텝 (S4) 을 실시함으로써 레이저광의 조사 위치 (P) 의 조절을 할 수 있다 (도 15(C), 도 16(C) 참조).
- [0119] 도 15 및 도 16 에 나타내는 예에서는, 제 1 조절 스텝 (S2) 을 실시함으로써 에너지 강도 분포의 조절을 한 시점에 있어서 (도 15(B), 도 15(B) 참조), 레이저광의 조사 위치 (P) 가, 초기 상태의 위치로부터, X 방향에 있어서, 축 (Q) (가공점) 에 가까워지도록, 단 가공점을 초과하지 않는 범위에서 이동하였다. 이 경우, 제 2 조절 스텝 (S4) 에서는, 도 13 및 도 14 에 나타내는 예와는 X 방향에 있어서 역방향으로 제 1 이동부 (20) 또

는 제 2 이동부 (24) 를 움직임으로써, 조사 위치 (P) 를 적절히 조절할 수 있다 (도 15(C), 도 16(C) 참조).

- [0120] 도 17 및 도 18 에 있어서, (A2) 는, (A1) 의 A2-A2 단면 화살표에서 본 도면을 나타낸다. 또, (B) 및 (C) 는, (A2) 와 동일한 위치로부터 본 경우의, 레이저 가공 헤드 (6) 의 조정 과정의 일례를 나타내는 도면이다.
- [0121] 도 17 및 도 18 에 나타내는 예는, 각각 도 2 에 나타내는 레이저 가공 헤드 (6) 에 대응한 것이고, 도 15 및 도 16 에 나타내는 예와 유사하다.
- [0122] 도 17 및 도 18 에 나타내는 예에 있어서, 도 15 및 도 16 과 상이한 것은, 초기 상태 (도 17(A), 도 18(A) 참조) 에 있어서, 레이저광의 조사 위치 (P) (집광 위치) 가, X 방향 (제 1 방향, 제 2 방향) 뿐만 아니라, X 방향에 직교하는 Y 방향으로도, 가공점을 나타내는 축 (Q) 으로부터 어긋나 있는 것이다.
- [0123] 도 17 및 도 18 에 나타내는 예에서는, 초기 상태에 있어서 X 방향으로 치우쳐 있는 에너지 강도 분포를 평탄화한다. 먼저 제 1 조절 스텝 (S2) 에서는, 제 1 이동부 (20) 및 제 2 이동부 (24) 중, 코마 수차의 변화량이 보다 크게 발생하는 일방을 작동시켜, 레이저 조사부 (14) 또는 집광 렌즈 (18) 를 X 방향으로 이동시킴으로써, 레이저 조사 위치 (P) 에 있어서의 X 방향의 에너지 강도 분포의 조절을 실시하고 있다 (도 17(B), 도 18(B) 참조).
- [0124] 또, 제 2 조절 스텝 (S4) 에서는, 제 1 이동부 (20) 와 제 2 이동부 (24) 중, 코마 수차의 변화량이 보다 작게 발생하는 일방을 작동시켜, 집광 렌즈 (18) 또는 레이저 조사부 (14) 를 X 방향 및 Y 방향으로 적절히 이동시킨다. 이로써, X 방향 및 Y 방향에 있어서 레이저 조사부 (14) 에 대한 콜리메이트 렌즈 (16) 의 상대 위치 또는 콜리메이트 렌즈 (16) 에 대한 집광 렌즈 (18) 의 상대 위치를 이동시켜, 레이저광의 조사 위치 (P) 를 적절히 조절할 수 있다 (도 17(C), 도 18(C) 참조).
- [0125] 몇 개의 실시형태에서는, 제 1 조절 스텝 (S2) 에서는, XY 평면 내에 있어서, 에너지 강도가 낮은 위치로부터 높은 위치를 향하는 방향을 따라, 레이저 조사부 (14) 를 이동시키도록, 제 1 이동부 (20) 를 작동시킨다 (즉, 제 1 이동 스텝을 실행한다).
- [0126] 예를 들어, 도 5, 도 11, 도 13, 도 15 및 도 17 에 나타내는 예에서는, 초기 상태 (각 도면의 (A) 참조) 에 있어서, X 방향으로 에너지 강도 분포의 치우침이 존재하고, 제 1 조절 스텝 (S2) 에서는, X 방향에 있어서, 에너지 강도가 낮은 위치로부터 높은 위치를 향하는 방향을 따라, 레이저 조사부 (14) 를 이동시킴으로써, 에너지 강도 분포를 평탄화하도록 조절하고 있다 (각 도면의 (B) 참조).
- [0127] 혹은, 몇 개의 실시형태에서는, 제 1 조절 스텝 (S2) 에서는, XY 평면 내에 있어서, 에너지 강도가 높은 위치로부터 낮은 위치를 향하는 방향을 따라, 콜리메이트 광학계를 이동시키도록, 제 1 이동부 (20) 를 작동시킨다 (즉, 제 1 이동 스텝을 실행한다).
- [0128] 예를 들어, 도 7 에 나타내는 예에서는, 초기 상태 (각 도면의 (A) 참조) 에 있어서, X 방향으로 에너지 강도 분포의 치우침이 존재하고, 제 1 조절 스텝 (S2) 에서는, X 방향에 있어서, 에너지 강도가 높은 위치로부터 낮은 위치를 향하는 방향을 따라, 콜리메이트 렌즈 (16) 를 이동시킴으로써, 에너지 강도 분포를 평탄화하도록 조절하고 있다 (각 도면의 (B) 참조).
- [0129] 혹은, 몇 개의 실시형태에서는, 제 1 조절 스텝 (S2) 에서는, XY 평면 내에 있어서, 에너지 강도가 높은 위치로부터 낮은 위치를 향하는 방향을 따라, 집광 광학계를 이동시키도록, 제 2 이동부 (24) 를 작동시킨다 (즉, 제 2 이동 스텝을 실행한다).
- [0130] 예를 들어, 도 6, 도 8, 도 12, 도 14, 도 16 및 도 18 에 나타내는 예에서는, 초기 상태 (각 도면의 (A) 참조) 에 있어서, X 방향으로 에너지 강도 분포의 치우침이 존재하고, 제 1 조절 스텝 (S2) 에서는, X 방향에 있어서, 에너지 강도가 높은 위치로부터 낮은 위치를 향하는 방향을 따라, 집광 렌즈 (18) 를 이동시킴으로써, 에너지 강도 분포를 평탄화하도록 조절하고 있다 (각 도면의 (B) 참조).
- [0131] 이와 같이, 에너지 강도 분포의 방향에 따라, 적절히 제 1 이동부 (20) 또는 제 2 이동부 (24) 를 작동시켜, 레이저 조사부 (14), 콜리메이트 렌즈 (16) 또는 집광 렌즈 (18) 를 적절히 이동시킴으로써, 에너지 강도 분포를 평탄화할 수 있다.
- [0132] 몇 개의 실시형태에서는, 제 2 조절 스텝 (S4) 에서는, 피가공물 (100) 의 가공면에 있어서, 제 1 조절 스텝 (S2) 후의 조사 위치 (P) 로부터 상기 서술한 가공점을 향하는 방향을 따라 집광 광학계를 이동시키도록, 제 2 이동부 (24) 를 작동시킨다 (즉, 제 2 이동 스텝을 실행한다).

- [0133] 예를 들어, 도 5, 도 7, 도 11, 도 13, 도 15 및 도 17 에 나타내는 예에서는, 제 2 조절 스텝 (S4) 에서는, 피가공물 (100) 의 가공면에 있어서, 제 1 조절 스텝 (S2) 후의 조사 위치 (P) 로부터 상기 서술한 가공점 (축 (Q)) 을 향하는 방향을 따라 집광 렌즈 (18) 를 이동시키도록, 제 2 이동부 (24) 를 작동시킴으로써, 조사 위치 (P) 가 가공점에 가까워지도록, 그 조사 위치 (P) 의 조절을 실시하고 있다.
- [0134] 혹은, 몇 개의 실시형태에서는, 제 2 조절 스텝 (S4) 에서는, 피가공물 (100) 의 가공면에 있어서, 그 가공점으로부터 제 1 조절 스텝 (S2) 후의 조사 위치 (P) 를 향하는 방향을 따라 레이저 조사부 (14) 를 이동시키도록, 제 1 이동부 (20) 를 작동시킨다 (즉, 제 1 이동 스텝을 실행한다).
- [0135] 예를 들어, 도 6, 도 12, 도 14, 도 16 및 도 18 에 나타내는 예에서는, 제 2 조절 스텝 (S4) 에서는, 피가공물 (100) 의 가공면에 있어서, 상기 서술한 가공점 (축 (Q)) 으로부터 제 1 조절 스텝 (S2) 후의 조사 위치 (P) 를 향하는 방향을 따라 레이저 조사부 (14) 를 이동시키도록, 제 1 이동부 (20) 를 작동시킴으로써, 조사 위치 (P) 가 가공점에 가까워지도록, 그 조사 위치 (P) 의 조절을 실시하고 있다.
- [0136] 혹은, 몇 개의 실시형태에서는, 제 2 조절 스텝 (S4) 에서는, 피가공물 (100) 의 가공면에 있어서, 제 1 조절 스텝 (S2) 후의 조사 위치 (P) 로부터 상기 서술한 가공점을 향하는 방향을 따라, 콜리메이트 광학계를 이동시키도록, 제 1 이동부 (20) 를 작동시킨다 (즉, 제 1 이동 스텝을 실행한다).
- [0137] 예를 들어, 도 8 에 나타내는 예에서는, 제 2 조절 스텝 (S4) 에서는, 피가공물 (100) 의 가공면에 있어서, 제 1 조절 스텝 (S2) 후의 조사 위치 (P) 로부터 상기 서술한 가공점 (축 (Q)) 을 향하는 방향을 따라 콜리메이트 렌즈 (16) 를 이동시키도록, 제 1 이동부 (20) 를 작동시킴으로써, 조사 위치 (P) 가 가공점에 가까워지도록, 그 조사 위치 (P) 의 조절을 실시하고 있다.
- [0138] 이와 같이, 제 2 조절 스텝 (S4) 에 있어서, 제 1 조절 스텝 (S2) 후의 레이저 조사 위치 (P) 로부터 가공점 (축 (Q)) 을 향하는 방향을 따라 집광 렌즈 (18) 또는 콜리메이트 렌즈 (16) 를 이동시킴으로써, 혹은 가공점 (축 (Q)) 으로부터 제 1 조절 스텝 (S2) 후의 조사 위치 (P) 를 향하는 방향을 따라 레이저 조사부 (14) 를 이동시킴으로써, 가공면에 있어서의 레이저 조사 위치 (P) 를, 원하는 위치 (즉 가공점) 에 적절히 이동시킬 수 있다.
- [0139] 몇 개의 실시형태에서는, 제 1 이동부 (20) 의 작동에 의한 (즉 제 1 이동 스텝에 있어서의) 레이저 조사부 (14) 에 대한 콜리메이트 광학계의 이동 방향에 있어서, 그 이동 방향의 방향과, 제 2 이동부 (24) 의 작동에 의한 (즉 제 2 이동 스텝에 있어서의) 콜리메이트 광학계에 대한 집광 광학계의 이동 방향의 방향이 반대이다.
- [0140] 예를 들어, 도 5, 도 6, 도 7, 도 8, 도 11, 도 12, 도 13, 도 14 및 도 17 에 나타내는 예에서는, 제 1 이동부 (20) 의 작동에 의한 (즉 제 1 이동 스텝에 있어서의) 레이저 조사부 (14) 에 대한 콜리메이트 렌즈 (16) 의 이동 방향에 있어서, 그 이동 방향의 방향과, 제 2 이동부 (24) 의 작동에 의한 (즉 제 2 이동 스텝에 있어서의) 콜리메이트 렌즈 (16) 에 대한 집광 렌즈 (18) 의 이동 방향의 방향이 반대이다.
- [0141] 이와 같이, 초기 상태 (각 도면의 (A) 참조) 에 있어서의 조사 위치 (P) 가, 피가공물 (100) 에 있어서의 가공점과 그다지 크게 어긋나 있지 않은 경우, 상기 서술한 바와 같이 제 1 이동 스텝함으로써, 에너지 강도 분포를 평탄화함과 함께, 조사 위치 (P) 의 어긋남을 시정할 수 있다.
- [0142] 몇 개의 실시형태에서는, 제 1 조절 스텝 (S2) 에 있어서, 피가공물 (100) 의 가공면에 있어서의 에너지 강도 분포를 측정하고, 그 에너지 강도 분포의 측정 결과에 기초하여, 레이저 조사부 (14), 콜리메이트 렌즈 (16) 또는 집광 렌즈 (18) 의 이동 방향 또는 이동량을 결정하도록 해도 된다.
- [0143] 또한, 가공점에 있어서의 레이저광의 에너지 강도 분포는, 예를 들어 빔 모드 계측기 (빔 프로파일러) 에 의해 측정해도 된다.
- [0144] 몇 개의 실시형태에 관련된 레이저 가공 장치 (1) (도 1 참조) 는, 상기 서술한 레이저 가공 헤드 (6) 와, 레이저 가공 헤드 (6) 로부터 출력되는 레이저광의 피가공물 (100) 의 가공면에 있어서의 에너지 강도 분포를 측정하도록 구성된 계측부 (도시 생략) 와, 제어부 (도시 생략) 를 구비하고 있어도 된다.
- [0145] 제어부는, 계측부에 의한 에너지 강도 분포의 측정 결과에 기초하여, 레이저 조사부 (14), 콜리메이트 렌즈 (16) 또는 집광 렌즈 (18) 의 이동 방향 또는 이동량을 결정하도록 구성된다.
- [0146] 또한, 계측부는, 예를 들어 상기 서술한 빔 모드 계측기여도 된다.
- [0147] 몇 개의 실시형태에서는, 제 1 조절 스텝 (S2) 에 있어서, 피가공물 (100) 의 가공면의 관찰 결과에 기초하여,

레이저 조사부 (14), 콜리메이트 렌즈 (16) 또는 집광 렌즈 (18) 의 이동 방향 또는 이동량을 결정하도록 해도 된다.

- [0148] 이와 같이, 레이저 조사 위치 (P) 에 있어서의 에너지 강도 분포의 조절을 실시하는 제 1 조절 스텝 (S2) 에 있어서, 피가공물 (100) 의 가공점에 있어서의 에너지 강도 분포의 예측 결과, 또는 피가공물 (100) 의 가공흔의 관찰 결과에 기초하여, 레이저 조사부 (14), 콜리메이트 렌즈 (16) 또는 집광 렌즈 (18) 의 이동 방향 또는 이동량을 결정함으로써, 레이저 조사 위치 (P) 에 있어서의 에너지 강도 분포를 보다 정확하게 조절할 수 있다.
- [0149] 이하, 몇 개의 실시형태에 관련된 레이저 가공 헤드 (6) 및 레이저 가공 장치 (1), 그리고 레이저 가공 헤드 (6) 의 조정 방법에 대해 개요를 기재한다.
- [0150] (1) 본 발명의 적어도 일 실시형태에 관련된 레이저 가공 헤드는,
- [0151] 레이저 조사부와,
- [0152] 상기 레이저 조사부로부터의 레이저광을 콜리메이트하기 위한 콜리메이트 광학계와,
- [0153] 상기 콜리메이트 광학계를 통과한 레이저광을 집광하기 위한 집광 광학계를 구비하는 레이저 가공 헤드로서,
- [0154] 상기 콜리메이트 광학계 및 상기 집광 광학계를 포함하는 광학계는, 상기 집광 광학계를 통과한 레이저광에 코마 수차가 발생할 수 있도록 구성되고,
- [0155] 상기 레이저 조사부 또는 상기 콜리메이트 광학계의 중심축에 직교하는 제 1 방향에 있어서, 상기 레이저 조사부에 대한 상기 콜리메이트 광학계의 상대 위치를 변화시키도록 상기 레이저 조사부 또는 상기 콜리메이트 광학계의 적어도 일방을 이동시키기 위한 제 1 이동부와,
- [0156] 상기 집광 광학계의 중심축에 직교하는 제 2 방향에 있어서, 상기 콜리메이트 광학계에 대한 상기 집광 광학계의 상대 위치를 변화시키도록 상기 집광 광학계를 이동시키기 위한 제 2 이동부를 추가로 구비한다.
- [0157] 콜리메이트 광학계 및 집광 광학계를 포함하는 광학계로서, 상기 서술한 구성과는 달리 코마 수차가 보정된 광학계를 사용한 경우, 레이저 조사부에 대한 콜리메이트 광학계의 상대 위치, 또는 콜리메이트 광학계에 대한 집광 광학계의 상대 위치를 변화시켰다고 해도, 집광 광학계에 의한 집광 위치 (즉 피가공물 상의 레이저 조사 위치) 에 있어서 레이저광은 1 점에 집중되므로, 그 집광 위치에 있어서의 에너지 강도 분포는, 상기 서술한 상대 위치의 변화 전과 비교하여 크게는 변하지 않는다.
- [0158] 이것에 대해, 상기 (1) 의 구성에서는, 콜리메이트 광학계 및 집광 광학계를 포함하는 광학계는, 집광 광학계를 통과한 레이저광에 코마 수차가 발생할 수 있도록 구성했기 때문에, 제 1 이동부에 의해 레이저 조사부에 대한 콜리메이트 광학계의 상대 위치를 변화시킴으로써, 또는 제 2 이동부에 의해 콜리메이트 광학계에 대한 집광 광학계의 상대 위치를 변화시킴으로써, 집광 광학계로부터의 레이저광은, 광선의 중심 부근의 광이 집광하는 위치와, 외측의 광이 집광하는 위치가 어긋난다 (코마 수차가 발생한다). 따라서, 제 1 이동부 및 제 2 이동부 중, 코마 수차의 변화량이 보다 크게 발생하는 일방을 작동시킴으로써, 레이저 조사 위치에 있어서의 에너지 강도 분포를 효과적으로 변화시킬 수 있다. 따라서, 제 1 이동부 및 제 2 이동부의 일방을 적절히 작동시킴으로써, 레이저 조사 위치에 있어서의 에너지 강도 분포를 적절히 조절할 수 있다.
- [0159] 또, 상기 (1) 의 구성에서는, 제 1 이동부 및 제 2 이동부의 타방 (코마 수차의 변화량이 보다 작게 발생하는 일방) 을, 제 1 이동부 및 제 2 이동부의 상기 일방과는 독립적으로 작동 가능하게 했기 때문에, 그 타방을 작동시킴으로써, 레이저 조사 위치에 있어서의 에너지 강도 분포를 크게 바꾸지 않고 레이저 조사 위치를 조절할 수 있다. 따라서, 제 1 이동부 및 제 2 이동부의 상기 타방을 적절히 작동시킴으로써, 에너지 강도 분포를 조정할 때에 발생하는 레이저 조사 위치의 어긋남을 보정할 수 있다.
- [0160] 따라서, 상기 (1) 의 구성에 의하면, 피가공물에 조사되는 레이저광의 에너지 강도 분포의 조절과, 피가공물 상에서의 레이저 조사 위치의 조절을 양립할 수 있다.
- [0161] (2) 몇 개의 실시형태에서는, 상기 (1) 의 구성에 있어서,
- [0162] 상기 콜리메이트 광학계 및 상기 집광 광학계는, 각각 적어도 1 개의 렌즈를 포함하고,
- [0163] 상기 레이저 조사부, 상기 콜리메이트 광학계 및 상기 집광 광학계는, 상기 집광 광학계의 중심축을 따른 방향에 있어서 이 순서로 배열되어 있다.
- [0164] 상기 (2) 의 구성에 의하면, 콜리메이트 광학계 및 집광 광학계는, 각각 적어도 1 개의 렌즈를 포함하고, 또한

레이저 조사부, 콜리메이트 광학계 및 집광 광학계를, 집광 광학계의 중심축을 따른 방향에 있어서 이 순서로 배열했기 때문에, 콤팩트한 구성으로, 상기 (1)의 구성을 실현할 수 있다.

- [0165] (3) 본 발명의 적어도 일 실시형태에 관련된 레이저 가공 장치는,
- [0166] 상기 (1) 또는 (2)에 기재된 레이저 가공 헤드와,
- [0167] 상기 레이저 가공 헤드로부터 출력되는 레이저광의 피가공물의 가공면에 있어서의 에너지 강도 분포를 계측하도록 구성된 계측부와,
- [0168] 상기 계측부에 의한 계측 결과에 기초하여, 상기 레이저 조사부, 상기 콜리메이트 광학계 또는 상기 집광 광학계의 이동 방향 또는 이동량을 결정하도록 구성된 제어부를 구비한다.
- [0169] 상기 (3)의 구성에 의하면, 계측부에 의한 에너지 강도 분포의 계측 결과에 기초하여, 제 1 이동부 또는 제 2 이동부에 의한 상기 레이저 조사부, 상기 콜리메이트 광학계 또는 상기 집광 광학계의 이동 방향 또는 이동량을 결정하도록 했기 때문에, 레이저 조사 위치에 있어서의 에너지 강도 분포를 보다 정확하게 변화시킬 수 있다.
- [0170] (4) 본 발명의 적어도 일 실시형태에 관련된 레이저 가공 헤드의 조정 방법은,
- [0171] 레이저 조사부와, 상기 레이저 조사부로부터의 레이저광을 콜리메이트하기 위한 콜리메이트 광학계와, 상기 콜리메이트 광학계를 통과한 레이저광을 집광하기 위한 집광 광학계를 포함하는 레이저 가공 헤드의 조정 방법으로서,
- [0172] 상기 콜리메이트 광학계 및 상기 집광 광학계를 포함하는 광학계는, 상기 집광 광학계를 통과한 레이저광에 코마 수차가 발생할 수 있도록 구성되고,
- [0173] 상기 레이저 조사부 또는 상기 콜리메이트 광학계의 중심축에 직교하는 제 1 방향에 있어서, 상기 레이저 조사부에 대한 상기 콜리메이트 광학계의 상대 위치를 변화시키도록 상기 레이저 조사부 또는 상기 콜리메이트 광학계의 적어도 일방을 이동시키는 제 1 이동 스텝과,
- [0174] 상기 집광 광학계의 중심축에 직교하는 제 2 방향에 있어서, 상기 콜리메이트 광학계에 대한 상기 집광 광학계의 상대 위치를 변화시키도록 상기 집광 광학계를 이동시키는 제 2 이동 스텝을 구비한다.
- [0175] 상기 (4)의 방법에서는, 콜리메이트 광학계 및 집광 광학계를 포함하는 광학계는, 집광 광학계를 통과한 레이저광에 코마 수차가 발생할 수 있도록 구성했기 때문에, 제 1 이동 스텝에 있어서 레이저 조사부에 대한 콜리메이트 광학계의 상대 위치를 변화시킴으로써, 또는 제 2 이동 스텝에 있어서 콜리메이트 광학계에 대한 집광 광학계의 상대 위치를 변화시킴으로써, 집광 광학계로부터의 레이저광은, 광선의 중심 부근의 광이 집광하는 위치와, 외측의 광이 집광하는 위치가 어긋난다(코마 수차가 발생한다). 따라서, 제 1 이동 스텝 및 제 2 이동 스텝 중, 코마 수차의 변화량이 보다 크게 발생하는 일방을 실시함으로써, 레이저 조사 위치에 있어서의 에너지 강도 분포를 효과적으로 변화시킬 수 있다. 따라서, 제 1 이동 스텝 및 제 2 이동 스텝의 일방을 적절히 실시함으로써, 레이저 조사 위치에 있어서의 에너지 강도 분포를 적절히 조절할 수 있다.
- [0176] 또, 상기 (4)의 방법에서는, 제 1 이동 스텝 및 제 2 이동 스텝의 타방(코마 수차의 변화량이 보다 작게 발생하는 일방)을, 제 1 이동 스텝 및 제 2 이동 스텝의 상기 일방과는 독립적으로 실시하도록 했기 때문에, 그 타방을 실시함으로써, 레이저 조사 위치에 있어서의 에너지 강도 분포를 크게 바꾸지 않고 레이저 조사 위치를 조절할 수 있다. 따라서, 제 1 이동 스텝 및 제 2 이동 스텝의 상기 타방을 적절히 실시함으로써, 에너지 강도 분포를 조절할 때에 발생하는 레이저 조사 위치의 어긋남을 보정할 수 있다.
- [0177] 따라서, 상기 (4)의 방법에 의하면, 피가공물에 조사되는 레이저광의 에너지 강도 분포의 조절과, 피가공물 상에서의 레이저 조사 위치의 조절을 양립할 수 있다.
- [0178] (5) 몇 개의 실시형태에서는, 상기 (4)의 방법에 있어서,
- [0179] 상기 콜리메이트 광학계 및 상기 집광 광학계는, 각각 적어도 1개의 렌즈를 포함하고,
- [0180] 상기 레이저 조사부, 상기 콜리메이트 광학계 및 상기 집광 광학계는, 상기 집광 광학계의 중심축을 따른 방향에 있어서 이 순서로 배열되어 있다.
- [0181] 상기 (5)의 방법에 의하면, 콜리메이트 광학계 및 집광 광학계는, 각각 적어도 1개의 렌즈를 포함하고, 또한 레이저 조사부, 콜리메이트 광학계 및 집광 광학계를, 집광 광학계의 중심축을 따른 방향에 있어서 이 순서로

배열했기 때문에, 컴팩트한 구성으로, 상기 (5)의 방법을 실현할 수 있다.

- [0182] (6) 몇 개의 실시형태에서는, 상기 (4) 또는 (5)의 방법에 있어서,
- [0183] 상기 레이저 가공 헤드로부터 출력되는 레이저광의 피가공물의 가공면에 있어서의 에너지 강도를 원하는 분포로 조절하도록 상기 제 1 이동 스텝 또는 상기 제 2 이동 스텝의 일방을 실행하는 제 1 조절 스텝과,
- [0184] 상기 제 1 조절 스텝 후, 상기 가공면에 있어서의 조사 위치를 조절하도록, 상기 제 1 이동 스텝 또는 상기 제 2 이동 스텝의 타방을 실행하는 제 2 조절 스텝을 구비하고,
- [0185] 상기 제 1 조절 스텝에서는, 상기 제 1 이동 스텝 또는 상기 제 2 이동 스텝 중, 상기 제 1 방향에 있어서의 상기 레이저 조사부에 대한 상기 콜리메이트 광학계의 이동량 또는 상기 제 2 방향에 있어서의 상기 콜리메이트 광학계에 대한 상기 집광 광학계의 이동량에 대한 상기 코마 수차의 변화량이 큰 일방을 실행한다.
- [0186] 상기 (6)의 방법에 의하면, 먼저, 제 1 조절 스텝에 있어서, 제 1 이동 스텝 또는 제 2 이동 스텝 중, 코마 수차의 변화량이 보다 크게 발생하는 일방을 실시하여, 피가공물의 가공면에 있어서의 레이저광의 에너지 강도 분포의 조절을 실시하도록 했기 때문에, 보다 큰 코마 수차 변화량을 이용하여, 레이저 조사 위치에 있어서의 에너지 강도 분포를 효과적으로 변화시킬 수 있다. 또, 제 1 조절 스텝 후, 제 2 조절 스텝에 있어서, 제 1 이동 스텝 또는 제 2 스텝의 타방(코마 수차의 변화량이 보다 작게 발생하는 일방)을 실시하여 레이저 조사 위치를 조절하도록 했기 때문에, 레이저 조사 위치에 있어서의 에너지 강도 분포를 크게 바꾸지 않고 레이저 조사 위치를 조절할 수 있다.
- [0187] 따라서, 상기 (6)의 방법에 의하면, 피가공물에 조사되는 레이저광의 에너지 강도 분포의 조절과, 피가공물 상에서의 레이저 조사 위치의 조절의 양립이 하기 쉬워진다.
- [0188] (7) 몇 개의 실시형태에서는, 상기 (6)의 방법에 있어서,
- [0189] 상기 제 1 조절 스텝에서는, 상기 에너지 강도 분포를 계측하고, 그 에너지 강도 분포의 계측 결과에 기초하여, 상기 레이저 조사부, 상기 콜리메이트 광학계 또는 상기 집광 광학계의 이동 방향 또는 이동량을 결정한다.
- [0190] 상기 (7)의 방법에 의하면, 레이저 조사 위치에 있어서의 에너지 강도 분포의 조절을 실시하는 제 1 조절 스텝에 있어서, 에너지 강도 분포의 계측 결과에 기초하여, 레이저 조사부, 콜리메이트 광학계 또는 집광 광학계의 이동 방향 또는 이동량을 결정하도록 했기 때문에, 레이저 조사 위치에 있어서의 에너지 강도 분포를 보다 적확하게 변화시킬 수 있다.
- [0191] (8) 몇 개의 실시형태에서는, 상기 (6) 또는 (7)의 방법에 있어서,
- [0192] 상기 제 1 조절 스텝에서는, 상기 피가공물의 가공흔의 관찰 결과에 기초하여, 상기 레이저 조사부, 상기 콜리메이트 광학계 또는 상기 집광 광학계의 이동 방향 또는 이동량을 결정한다.
- [0193] 상기 (8)의 방법에 의하면, 레이저 조사 위치에 있어서의 에너지 강도 분포의 조절을 실시하는 제 1 조절 스텝에 있어서, 피가공물의 가공흔의 관찰 결과에 기초하여, 레이저 조사부, 콜리메이트 광학계 또는 집광 광학계의 이동 방향 또는 이동량을 결정하도록 했기 때문에, 레이저 조사 위치에 있어서의 에너지 강도 분포를 보다 적확하게 변화시킬 수 있다.
- [0194] (9) 몇 개의 실시형태에서는, 상기 (6) 내지 (8) 중 어느 하나의 방법에 있어서,
- [0195] 상기 제 2 조절 스텝에서는, 상기 조사 위치가 상기 가공면 상의 가공점에 가까워지도록 상기 제 1 이동 스텝 또는 상기 제 2 이동 스텝의 타방을 실행한다.
- [0196] 상기 (9)의 방법에 의하면, 레이저 조사 위치의 조절을 실시하는 제 2 조절 스텝에 있어서, 레이저 조사 위치가 피가공물의 가공면 상의 가공점에 가까워지도록 레이저 조사부, 콜리메이트 광학계 또는 집광 광학계를 이동시키기 때문에, 소정의 가공점에 있어서 피가공물의 가공을 적절히 실시할 수 있다.
- [0197] (10) 몇 개의 실시형태에서는, 상기 (9)의 방법에 있어서,
- [0198] 상기 제 2 조절 스텝에서는, 상기 가공면에 있어서, 상기 제 1 조절 스텝 후의 조사 위치로부터 상기 가공점을 향하는 방향을 따라, 상기 집광 광학계를 이동시키도록 상기 제 2 이동 스텝을 실행한다.
- [0199] (11) 혹은, 몇 개의 실시형태에서는, 상기 (9)의 방법에 있어서,
- [0200] 상기 제 2 조절 스텝에서는, 상기 가공면에 있어서, 상기 가공점으로부터 상기 제 1 조절 스텝 후의 조사 위치

를 향하는 방향을 따라, 상기 레이저 조사부를 이동시키도록 상기 제 1 이동 스텝을 실행한다.

[0201] (12) 혹은, 몇 개의 실시형태에서는, 상기 (9)의 방법에 있어서,

[0202] 상기 제 2 조절 스텝에서는, 상기 가공면에 있어서, 상기 제 1 조절 스텝 후의 조사 위치로부터 상기 가공점을 향하는 방향을 따라, 상기 콜리메이트 광학계를 이동시키도록 상기 제 1 이동 스텝을 실행한다.

[0203] 상기 (10) ~ (12)의 방법에 의하면, 제 2 조절 스텝에 있어서, 제 1 조절 스텝 후의 레이저 조사 위치로부터 가공점을 향하는 방향을 따라 집광 광학계 또는 콜리메이트 광학계를 이동시킴으로써, 혹은 가공점으로부터 제 1 조절 스텝 후의 조사 위치를 향하는 방향을 따라 레이저 조사부를 이동시킴으로써, 가공면에 있어서의 레이저 조사 위치를, 원하는 위치 (즉 가공점)에 이동시킬 수 있다.

[0204] 이상, 본 발명의 실시형태에 대해 설명했지만, 본 발명은 상기 서술한 실시형태로 한정되지는 않고, 상기 서술한 실시형태에 변형을 더한 형태나, 이들 형태를 적절히 조합한 형태도 포함한다.

[0205] 본 명세서에 있어서, 「어느 방향으로」, 「어느 방향을 따라」, 「평행」, 「직교」, 「중심」, 「동심」 혹은 「동축」 등의 상대적 혹은 절대적인 배치를 나타내는 표현은, 엄밀하게 그러한 배치를 나타낼 뿐만 아니라, 공차, 혹은 동일한 기능이 얻어지는 정도의 각도나 거리를 가지고 상대적으로 변위하고 있는 상태도 나타내는 것으로 한다.

[0206] 예를 들어, 「동일」, 「동등한」 및 「균질」 등의 사물이 동등한 상태인 것을 나타내는 표현은, 엄밀하게 동등한 상태를 나타낼 뿐만 아니라, 공차, 혹은 동일한 기능이 얻어지는 정도의 차이가 존재하고 있는 상태도 나타내는 것으로 한다.

[0207] 또, 본 명세서에 있어서, 사각 형상이나 원통 형상 등의 형상을 나타내는 표현은, 기하학적으로 엄밀한 의미에서의 사각 형상이나 원통 형상 등의 형상을 나타낼 뿐만 아니라, 동일한 효과가 얻어지는 범위에서, 요철부나 모따기부 등을 포함하는 형상도 나타내는 것으로 한다.

[0208] 또, 본 명세서에 있어서, 하나의 구성 요소를 「구비하는」, 「포함하는」, 또는 「갖는」이라는 표현은, 다른 구성 요소의 존재를 제외하는 배타적인 표현은 아니다.

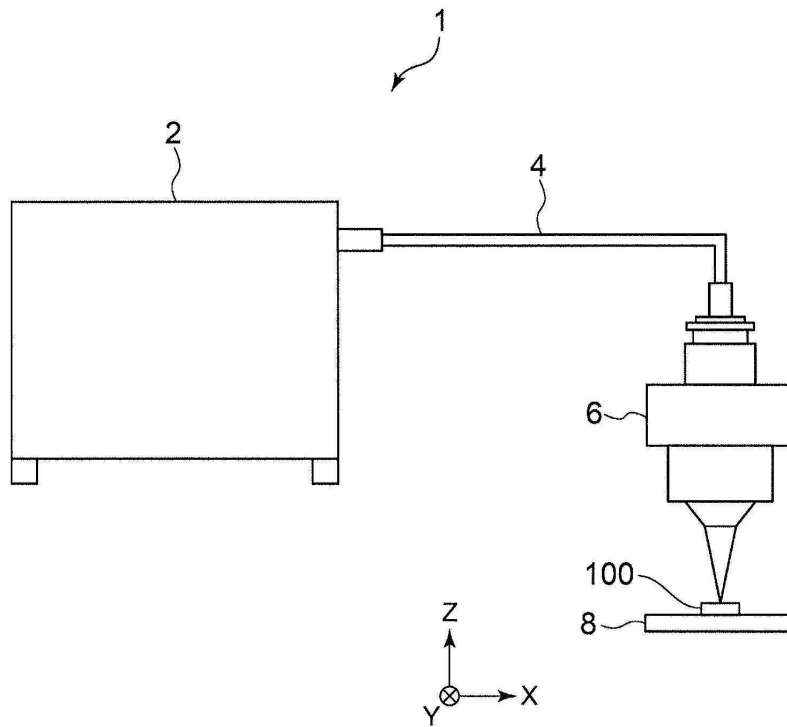
부호의 설명

- [0209]
- 1 : 레이저 가공 장치
 - 2 : 레이저 발진기
 - 4 : 광파이버
 - 6 : 레이저 가공 헤드
 - 8 : 가공 스테이지
 - 12 : 하우징
 - 14 : 레이저 조사부
 - 16 : 콜리메이트 렌즈
 - 18 : 집광 렌즈
 - 20 : 제 1 이동부
 - 21 : 유지부
 - 22 : 제 1 렌즈 유지부
 - 24 : 제 2 이동부
 - 25 : 제 2 렌즈 유지부
 - 26 : 어시스트 가스 노즐
 - 28 : 가스 공급구

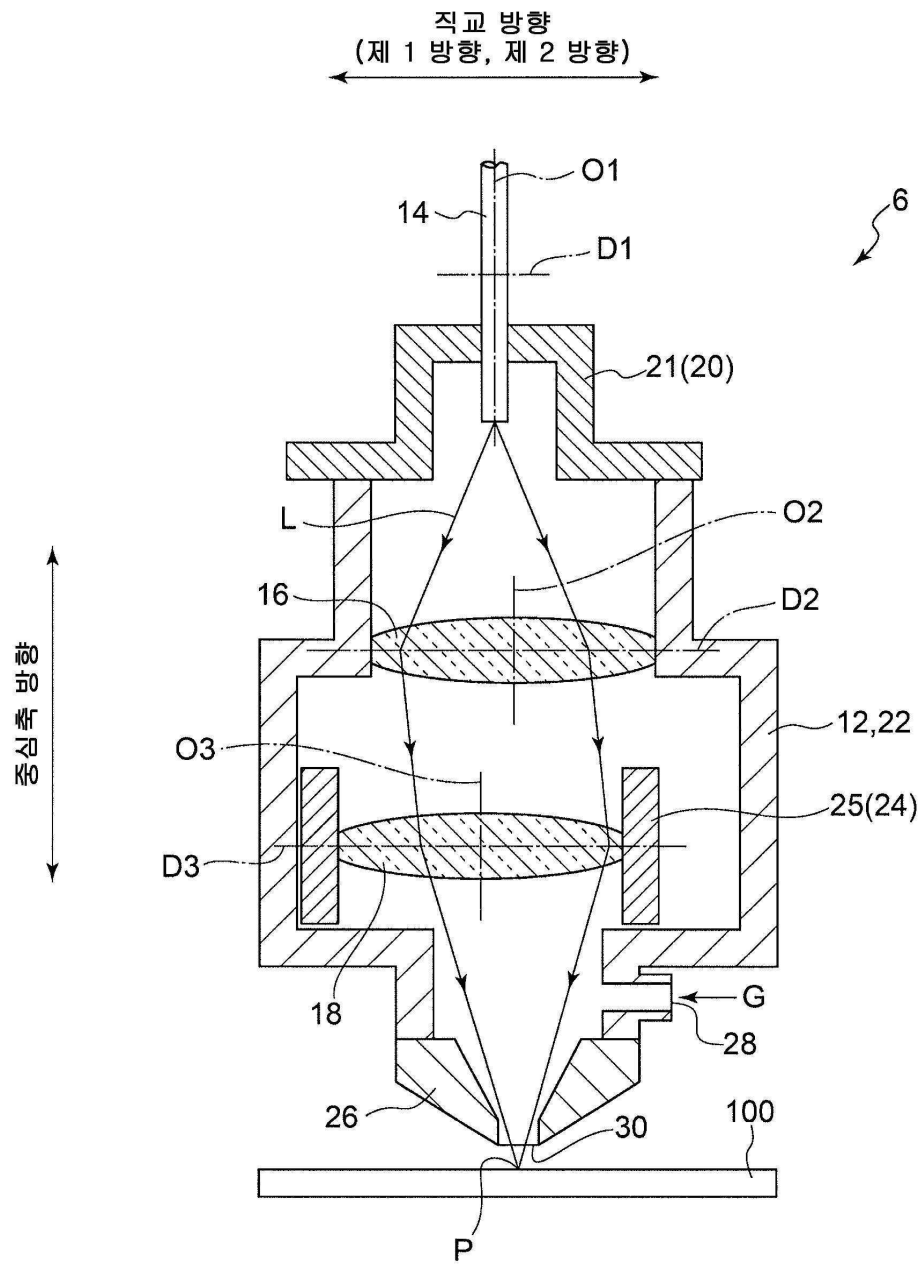
30 : 가스 분사구
 100 : 피가공물
 01 ~ 03 : 중심축
 P : 조사 위치

도면

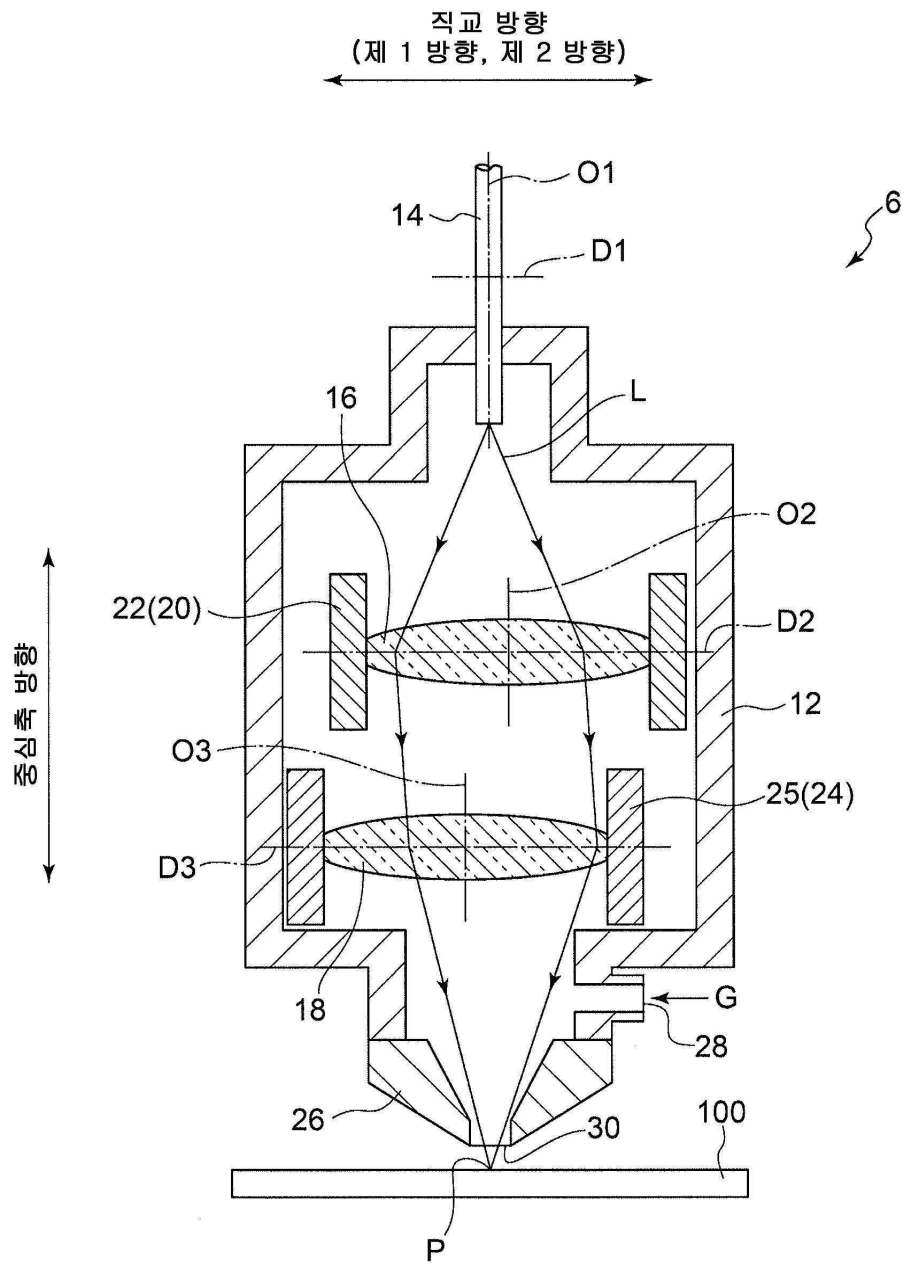
도면1



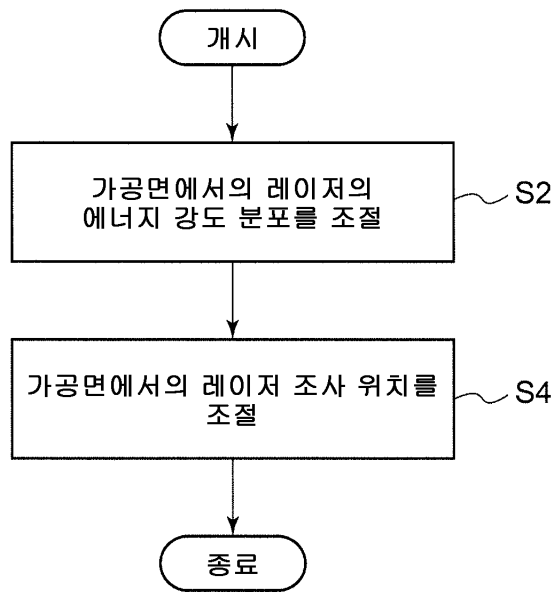
도면2



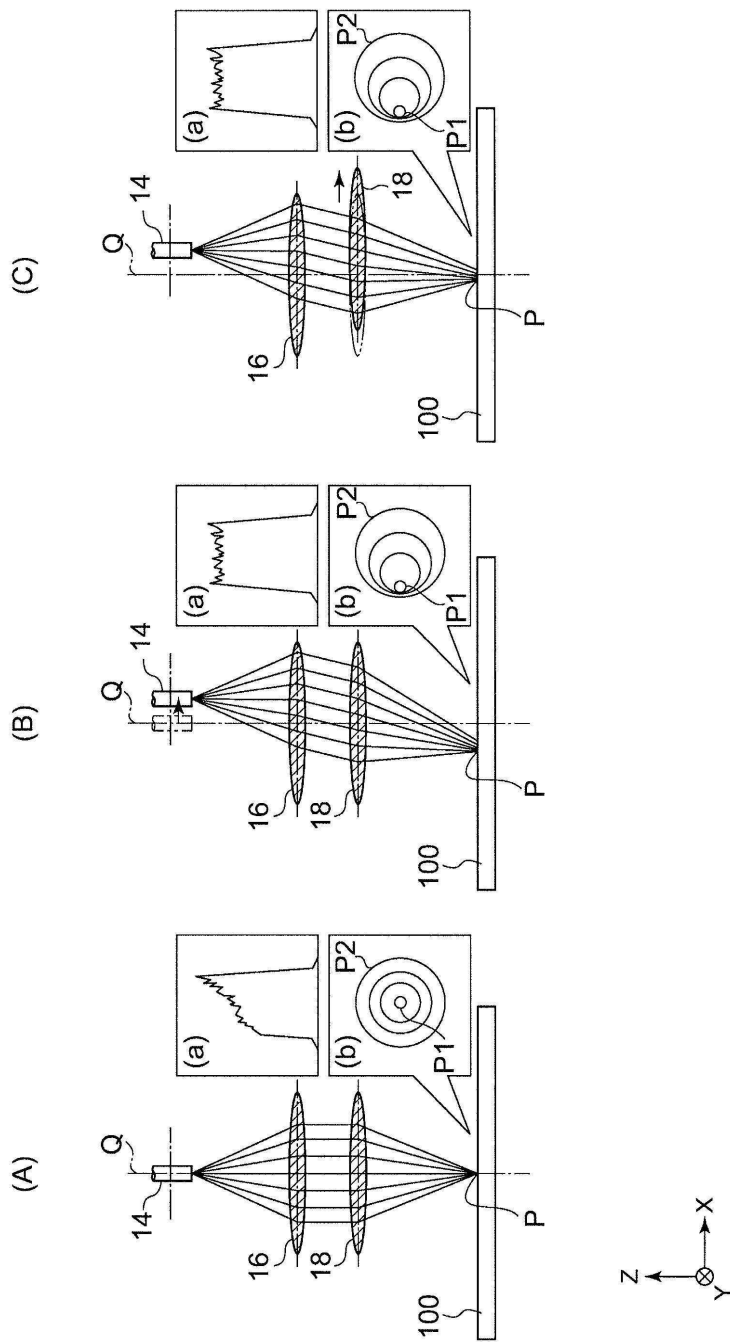
도면3



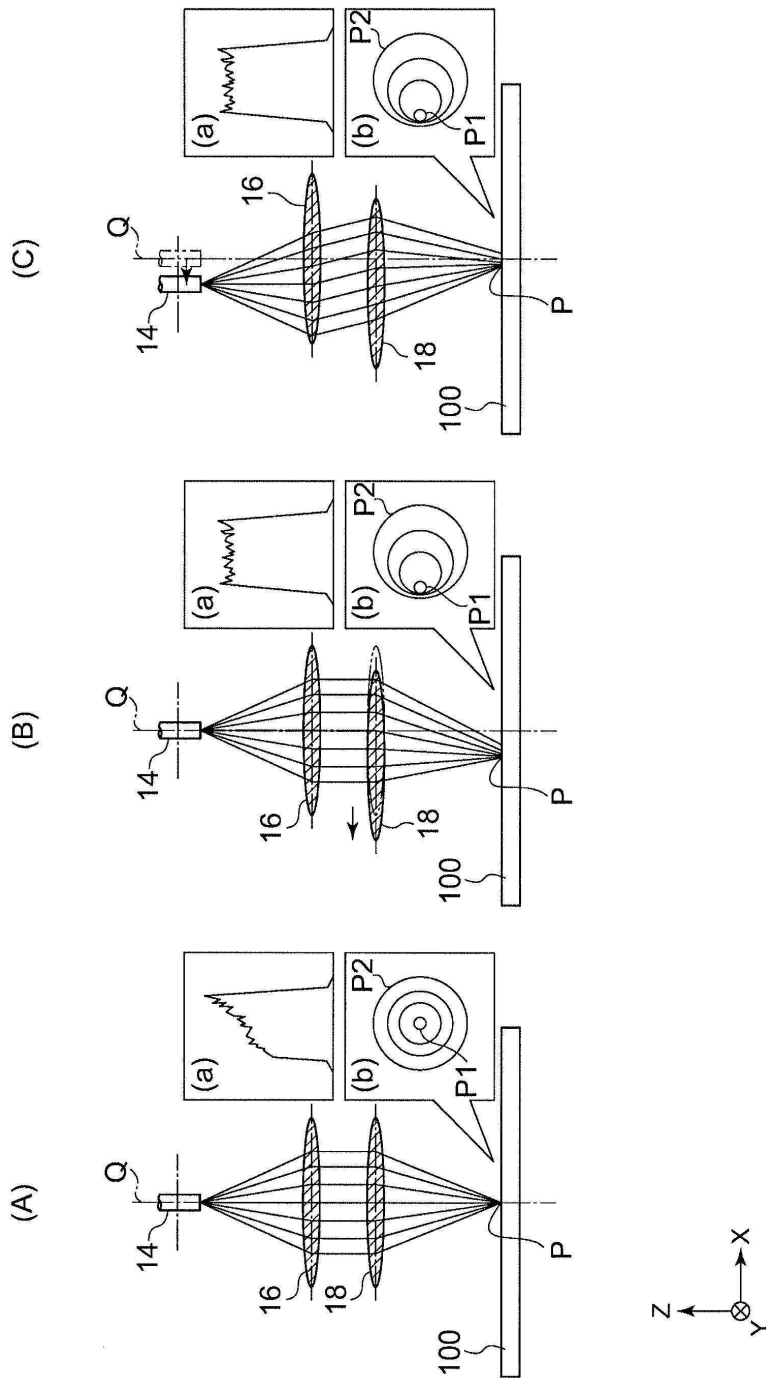
도면4



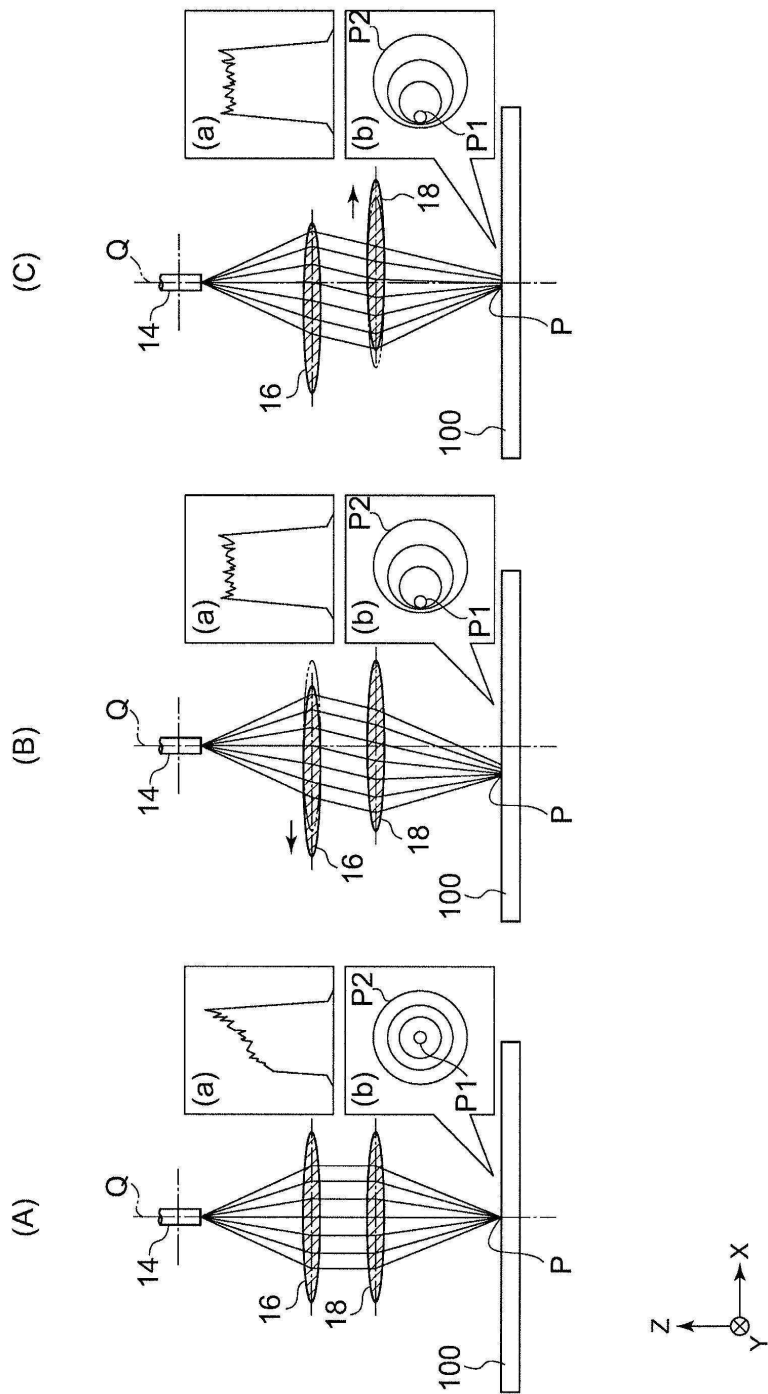
도면5



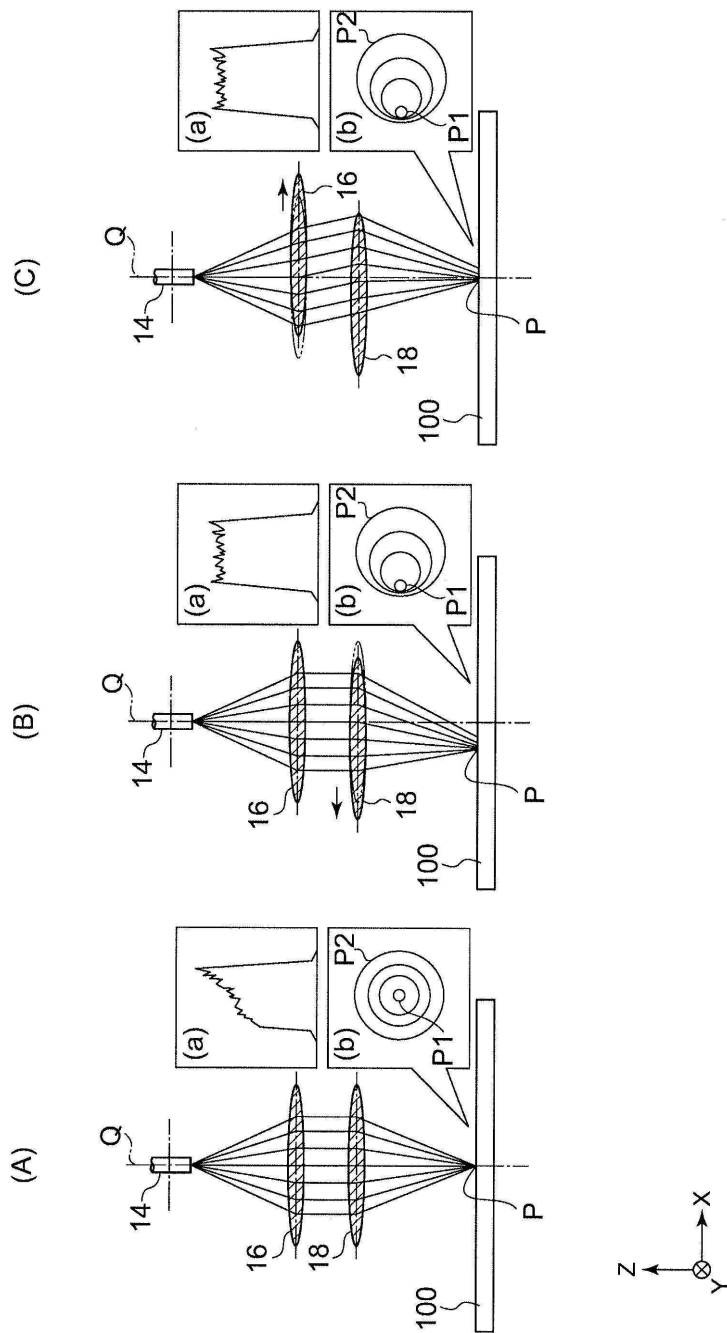
도면6



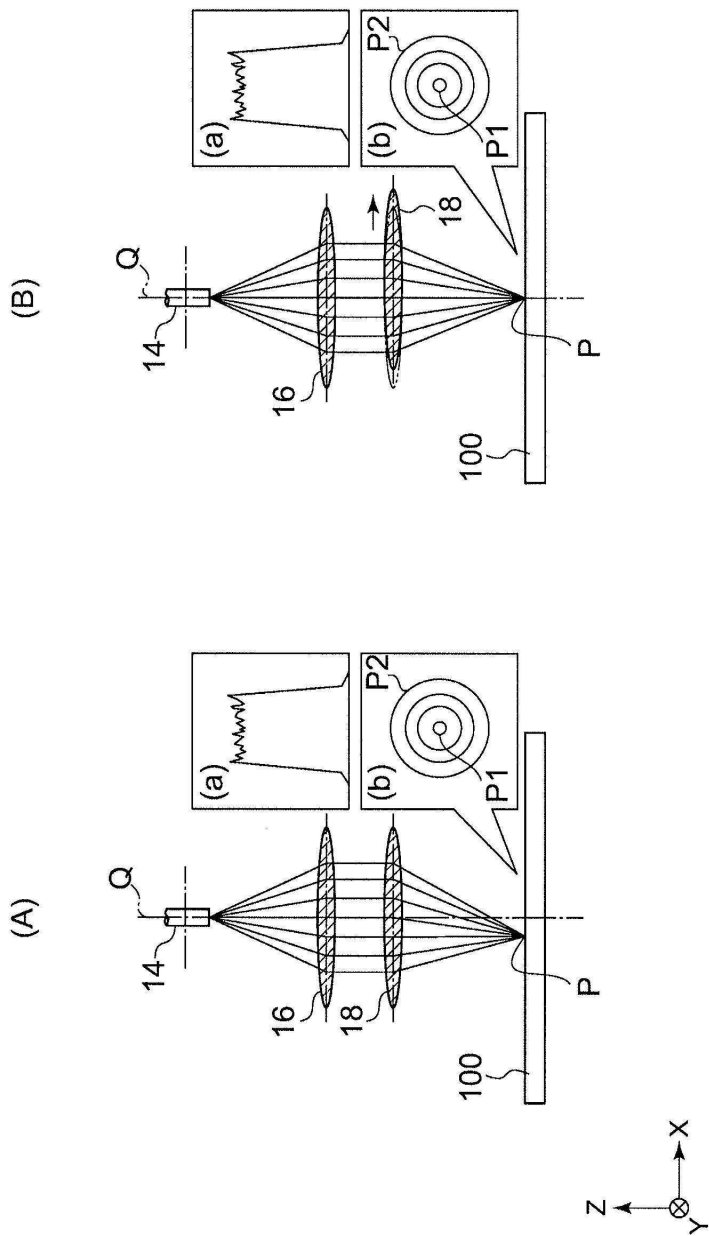
도면7



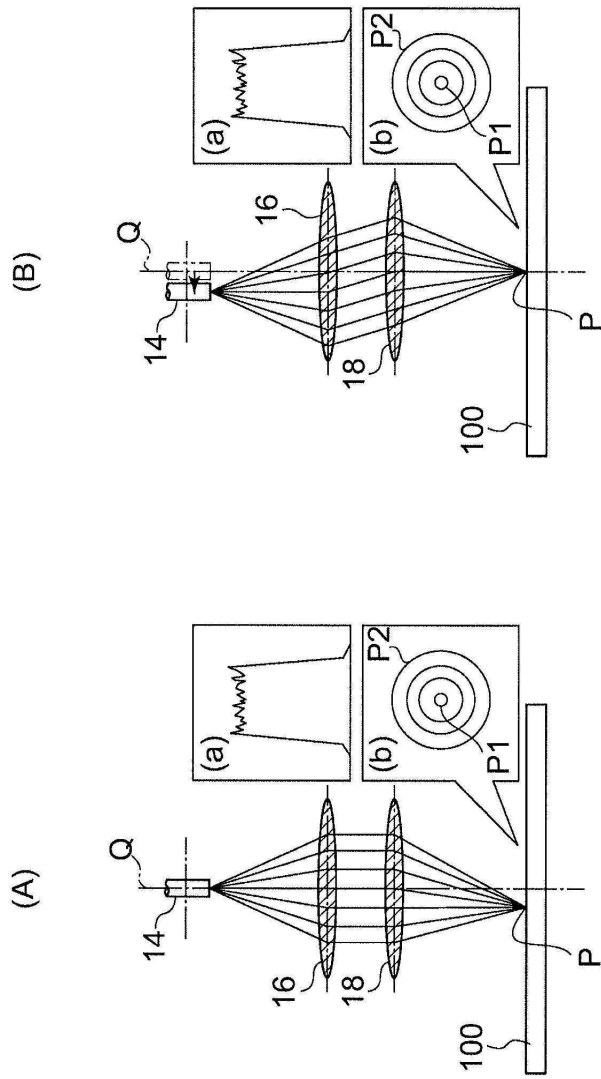
도면8



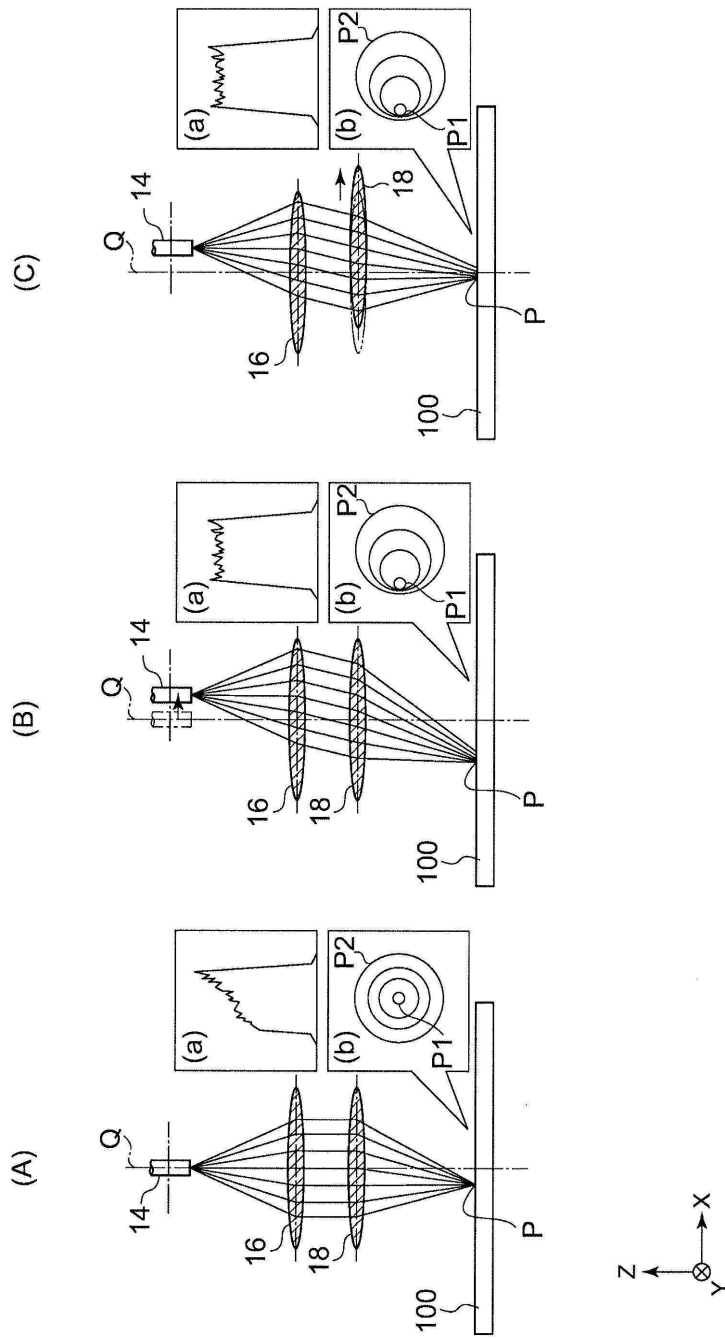
도면9



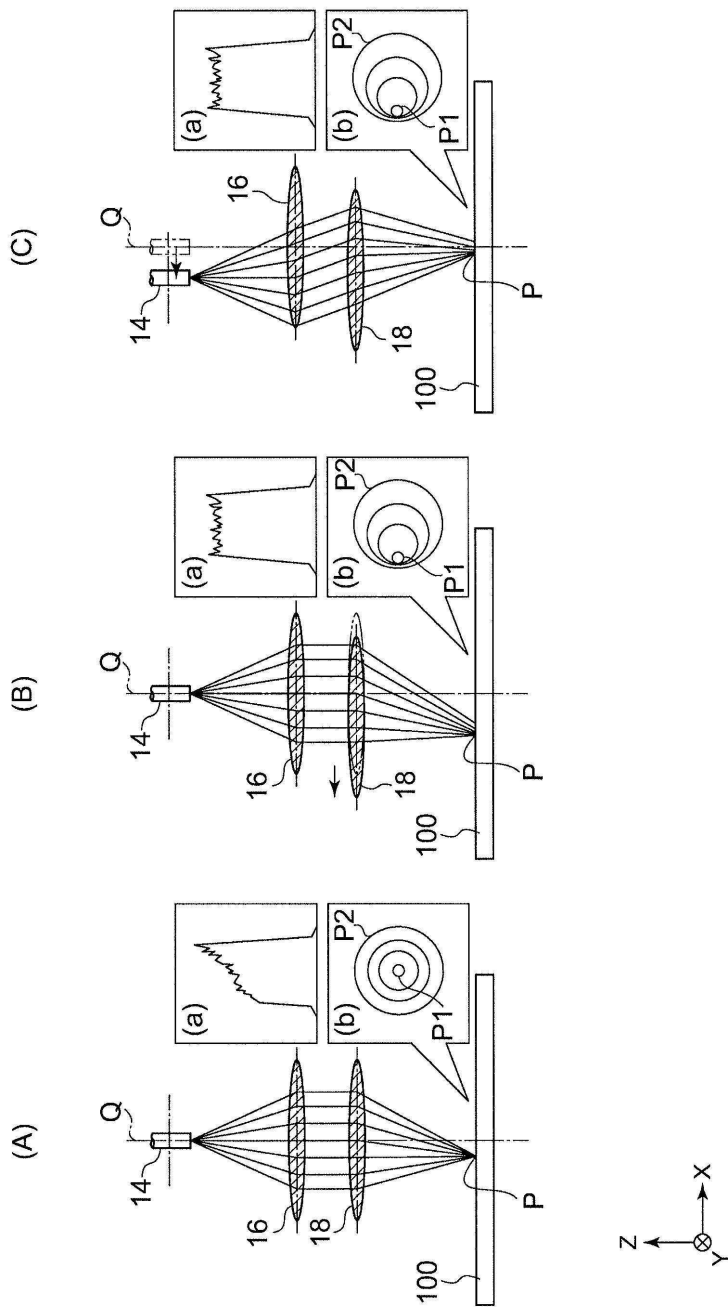
도면10



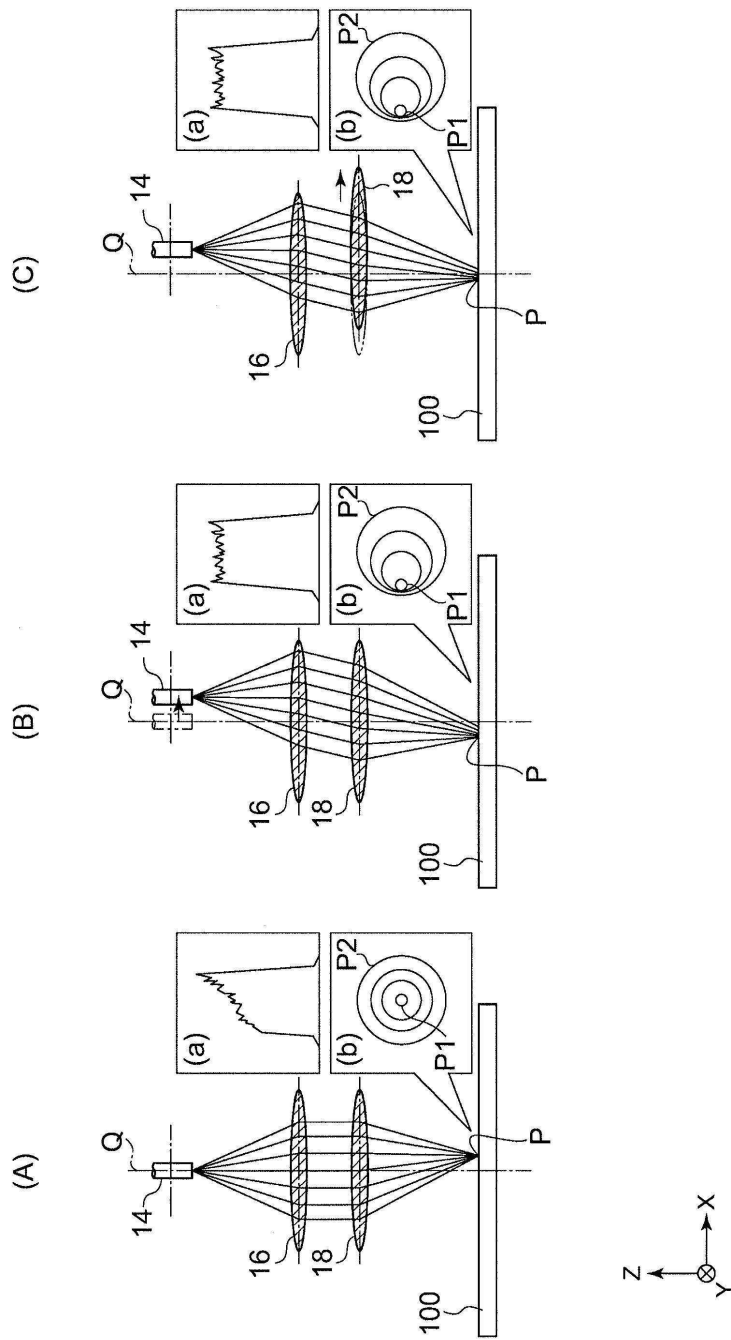
도면11



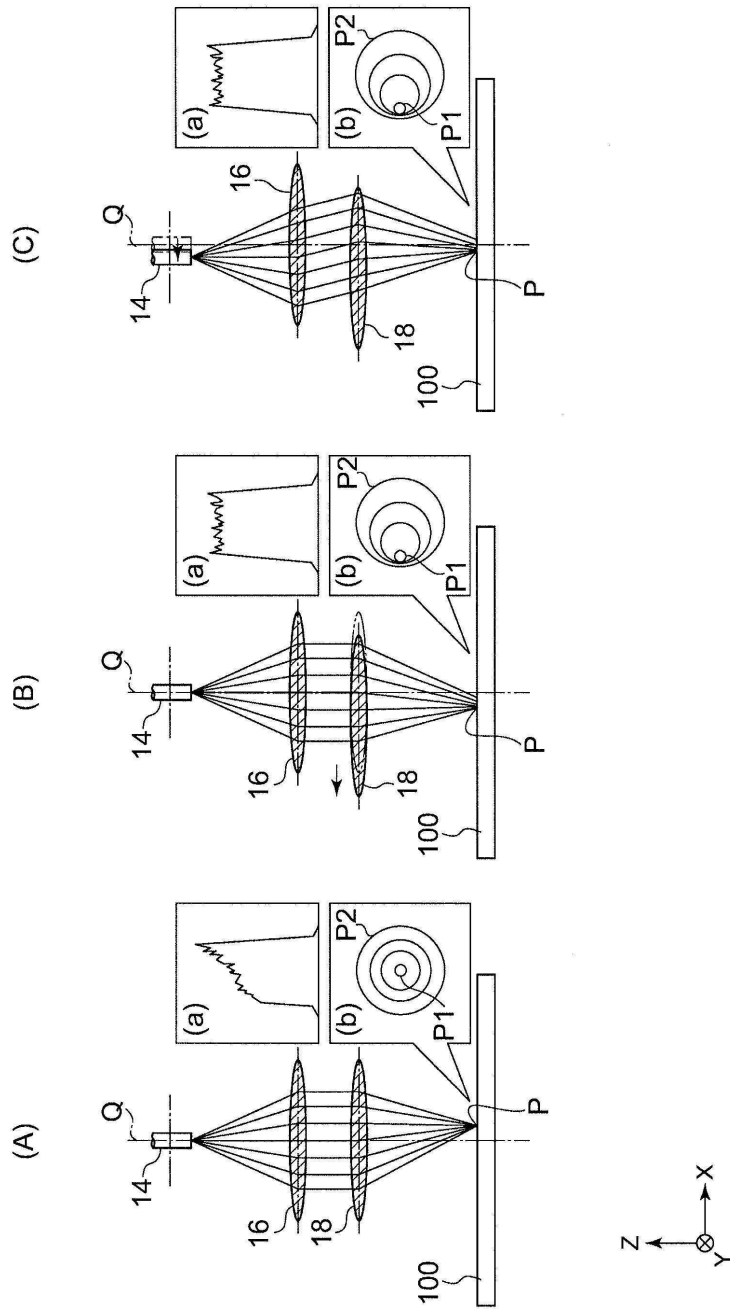
도면12



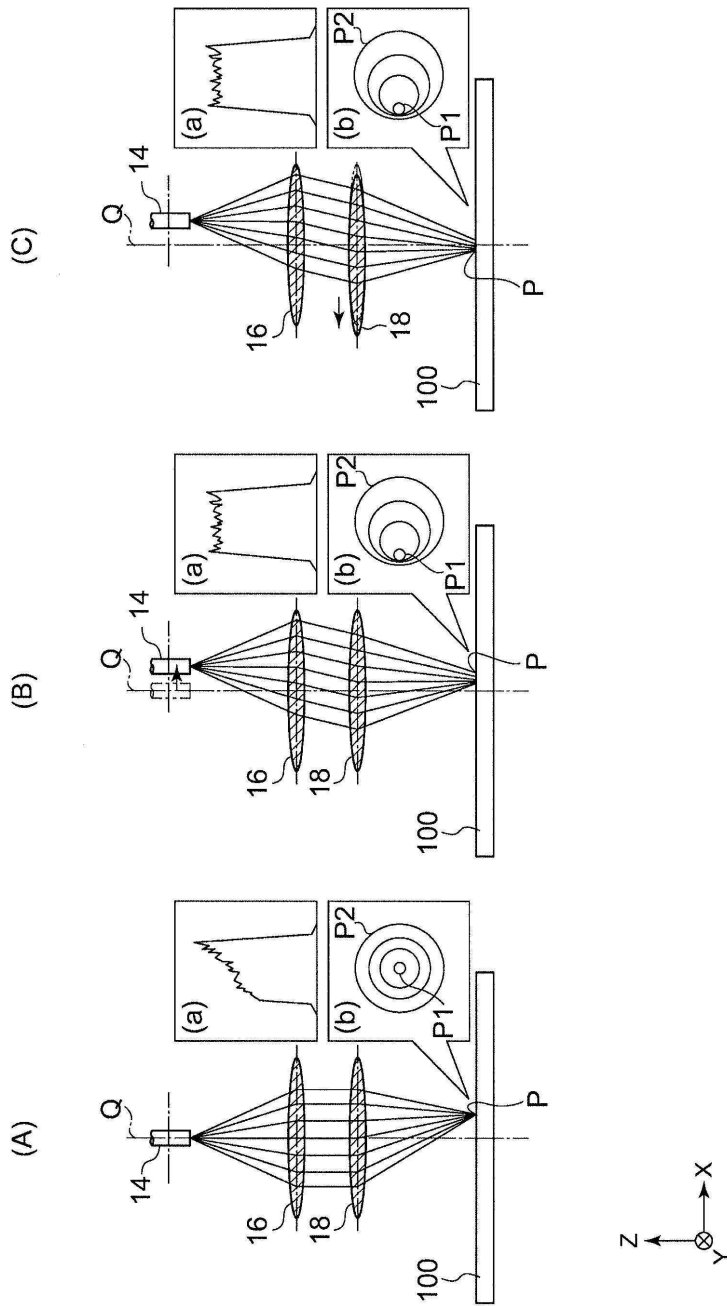
도면13



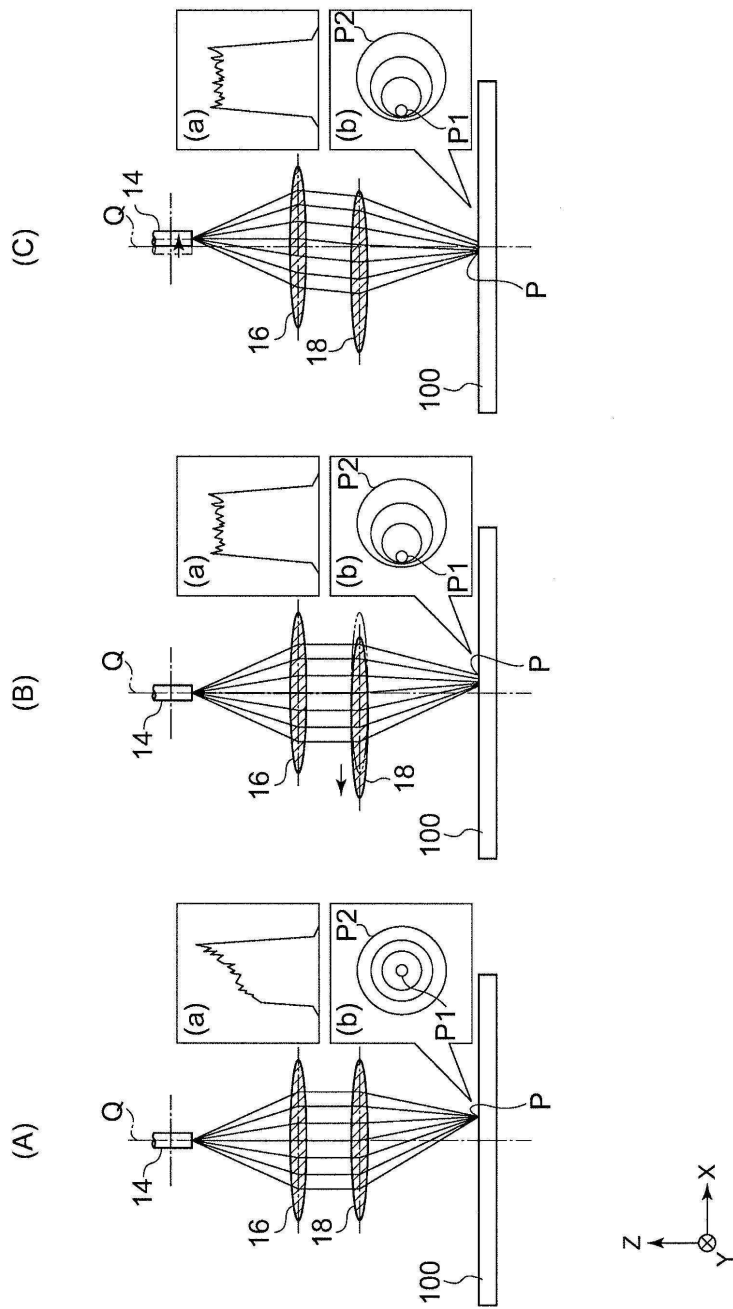
도면14



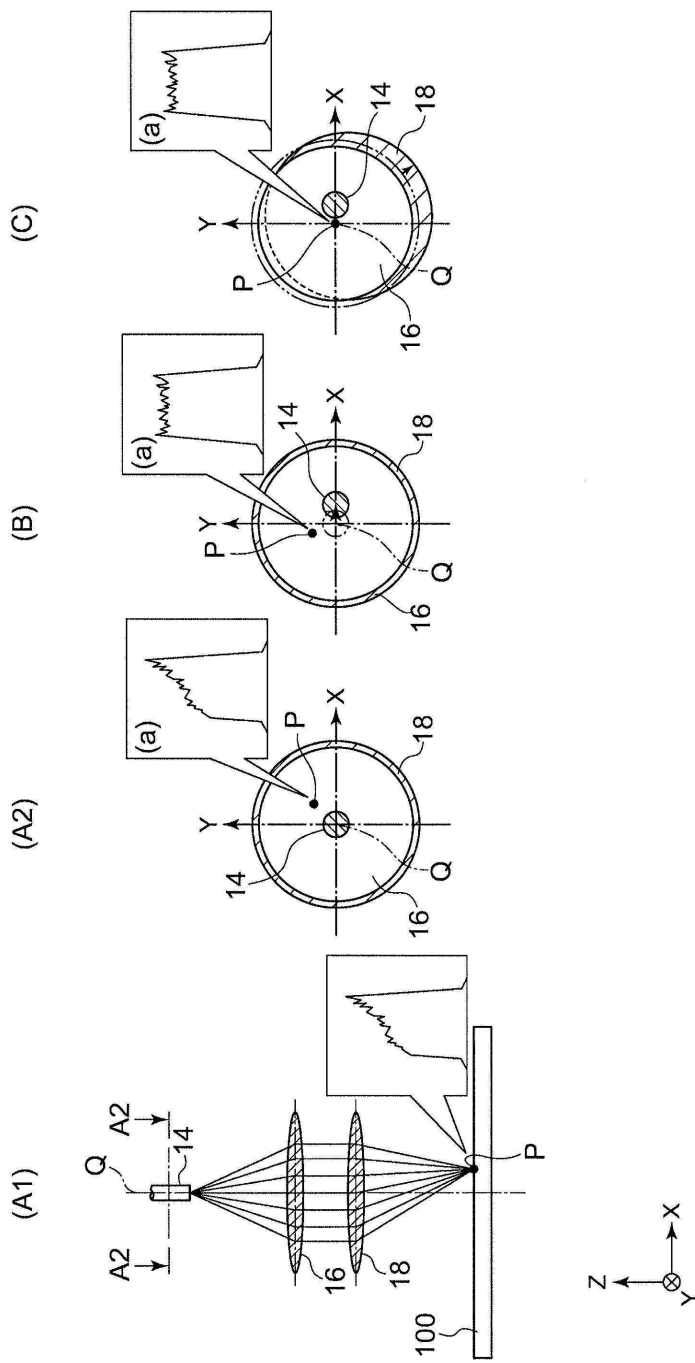
도면15



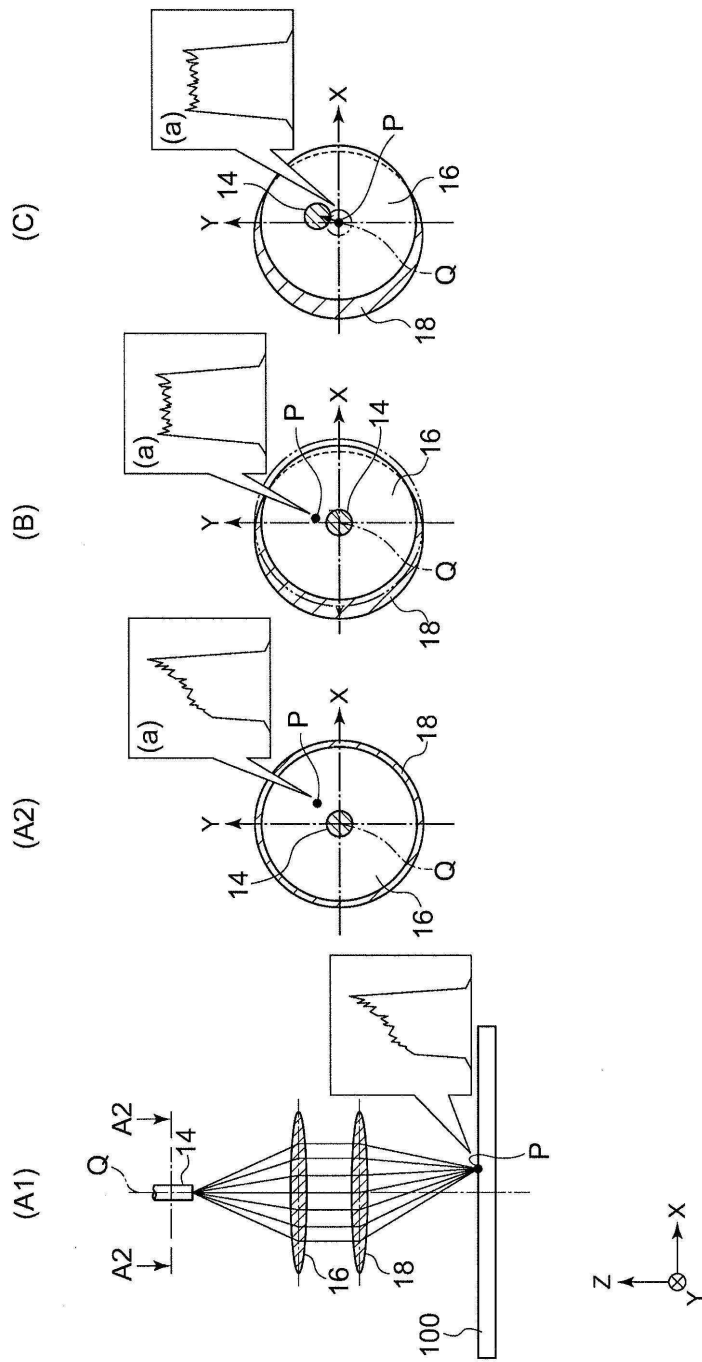
도면16



도면17



도면18



도면19

