(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2015년05월27일
(11) 등록번호 10-1523293
(24) 등록일자 2015년05월20일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 21/027 (2006.01) *H01L 21/00* (2006.01)
H01L 21/02 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2008-0038670
(22) 출원일자 2008년04월25일
심사청구일자 2013년03월12일
(65) 공개번호 10-2008-0097340
(43) 공개일자 2008년11월05일
(30) 우선권주장
JP-P-2007-00120812 2007년05월01일 일본(JP)
(56) 선행기술조사문헌
JP09206965 A*
JP2006227198 A*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
올림푸스 가부시키가이샤
일본국 도쿄도 시부야구 하타가야 2-43-2
(72) 발명자
나카무라 다쓰야
일본국 도쿄도 시부야구 히타가야 2-43-2 올림푸스가부시키가이샤내
다카하시 고이치
일본국 도쿄도 시부야구 히타가야 2-43-2 올림푸스가부시키가이샤내
아루가 준코
일본국 도쿄도 시부야구 히타가야 2-43-2 올림푸스가부시키가이샤내
(74) 대리인
유미특허법인

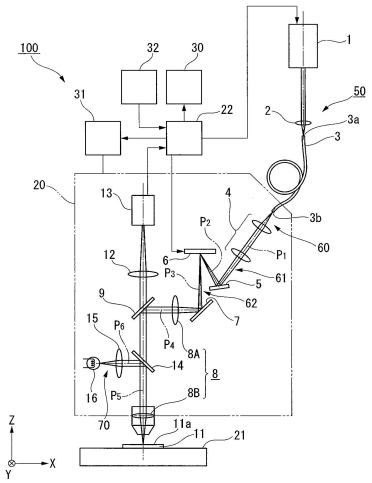
전체 청구항 수 : 총 10 항 심사관 : 오순영

(54) 발명의 명칭 **레이저 가공 장치**

(57) 요 약

이 레이저 가공 장치는, 레이저 광원과 미소 미러 어레이로 이루어지는 공간 변조 소자와, 미소 미러 어레이와 피가공면이 공역으로 되도록 배치된 조사 광학계를 포함하고, 레이저 광원으로부터 미소 미러 어레이에서 반사하고 조사 광학계를 거쳐 피가공면에 이르는 광축이 동일한 평면상에 있으므로, 구성 부품의 부품 가공이나 조립의 효율을 향상시킬 수 있다.

대 표 도 - 도1



명 세 서

청구범위

청구항 1

레이저광을 조사하는 레이저 광원;

일정 방향으로 정렬된 회동축을 중심으로 하여 각각 회동 가능하게 설치된 복수의 미소 미러가 상기 회동축과 교차하는 방향으로 연장되는 4개의 변으로 에워싸인 직사각형 영역 내에서 상기 4개의 변의 서로 직교하는 2변이 연장되는 방향으로 배열된 미소 미러 어레이에 의해 상기 레이저 광원으로부터 조사되는 상기 레이저광을 공간 변조하는 공간 변조 소자;

상기 레이저광의 광축을 반사하여 상기 레이저광의 상기 공간 변조 소자의 기준면에 대한 입사 각도를, 상기 미소 미러의 상기 기준면에 대한 회전각의 2배의 각도로 설정하는, 상기 레이저 광원과 상기 공간 변조 소자 사이의 제1 광로 상에 배치된 제1 미러;

상기 공간 변조 소자에서 반사된 상기 레이저광을 피가공물인 기판에 결상시키는 대물 렌즈;

피가공면을 향하는 상기 레이저광의 광축을 반사하여 상기 레이저광을 상기 대물 렌즈의 광축에 따라 입사시키는, 상기 공간 변조 소자와 상기 대물 렌즈 사이의 제2의 광로 상에 배치된 제2 미러; 및

상기 미소 미러 어레이와 상기 기판의 피가공면이 공역(共役)으로 되도록 배치된 조사 광학계

를 포함하고,

상기 레이저광의 광축과, 상기 공간 변조 소자에 입사하는 상기 레이저광의 광축과, 상기 공간 변조 소자와 상기 대물 렌즈 사이의 광축 모두가, 상기 대물 렌즈의 광축을 통과하는 동일 평면 내에 배치되어 있는,

레이저 가공 장치.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 피가공면을 촬상하기 위하여, 적어도 일부가 상기 조사 광학계와 동축(同軸)에 배치된 촬상 광학계, 및

상기 촬상 광학계로 투영되는 상을 취득하는 촬상부를 포함하고,

상기 제1 광축과, 상기 피가공면으로부터 상기 촬상 광학계를 거쳐 상기 촬상부에 이르는 제2 광축이 동일한 평면상에 있는, 레이저 가공 장치.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 촬상부에서 취득된 화상에 화상 처리를 행하여, 상기 피가공면의 결함 추출을 행하고, 추출된 결함의 정보에 기초하여, 결함 부분을 제거하기 위해 상기 공간 변조 소자를 구동하는 변조 데이터를 생성하는 화상 처리부를 포함하는, 레이저 가공 장치.

청구항 4

제2항에 있어서,

상기 촬상부는, 광전 변환 요소가, 4개의 변으로 에워싸인 직사각형 영역 내에서 상기 4개의 변의 서로 직교하는 2변이 연장되는 방향으로 각각 배열된 촬상 소자를 가지고,

상기 촬상 소자의 직사각형 영역의 상기 서로 직교하는 2변의 방향은, 상기 조사 광학계에 의해 상기 피가공면에 투영되는 상기 공간 변조 소자의 직사각형 영역의 상기 서로 직교하는 2변의 방향으로 합치하는 위치 관계로 배치되는, 레이저 가공 장치.

청구항 5

제3항에 있어서,

상기 화상 처리부는, 상기 촬상부가 취득한 상을, 상기 제2 광축을 중심으로 하여 회전 변환하는 좌표 변환 수단을 포함하고,

상기 좌표 변환 수단은, 상기 촬상부가 취득한 상을, 상기 조사 광학계에 의해 상기 피가공면에 투영되는 상기 공간 변조 소자의 직사각형 영역의 상기 서로 직교하는 2변의 방향의 상기 제2 광축에 대한 회전량에 맞추어 회전시키는, 레이저 가공 장치.

청구항 6

제3항에 있어서,

상기 레이저 광원, 상기 공간 변조 소자, 및 상기 조사 광학계를 일체로 유지하는 지지 부재, 및

상기 지지 부재를, 상기 제1 광축 중, 상기 피가공면에 입사하는 광축 부분을 회전 중심축으로서 회전 가능하게 유지하는 회전 유지 기구

를 더 포함하는, 레이저 가공 장치.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 회전 유지 기구는, 상기 촬상부를 상기 피가공면에 입사하는 광축 부분을 회전 중심축으로서 회전시키고, 피가공면 위의 촬상 영역 및 상기 촬상 영역과 대응하는 가공 가능 영역을 회전시키는, 레이저 가공 장치.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 화상 처리부는, 상기 결함 검출된 결함 부분을 포함하는 직사각형을 산출하고, 상기 직사각형의 장변 및 단변의 방향이 상기 촬상부의 장변 및 단변과 각각 평행으로 되는 회전각을 산출하고, 상기 회전 유지 기구를 상기 회전각에 따라 결함을 포함하는 직사각형으로 되도록 회전시키는 장치 제어부를 포함하는, 레이저 가공 장치.

청구항 9

제7항에 있어서,

상기 회전 유지 기구의 회전의 각도를 입력에 의해 지시하기 위한 사용자 인터페이스를 포함하는, 레이저 가공 장치.

청구항 10

제7항에 있어서,

상기 회전 유지 기구는, 수동으로 회전 가능한 회전 스테이지로 이루어지는, 레이저 가공 장치.

발명의 설명

발명의 상세한 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은, 레이저 가공 장치에 관한 것이다.

[0002] 예를 들면, 미소 미러 어레이로 이루어지는 공간 변조 소자를 사용하여, 액정 기판, 반도체 기판이나 프린트 기판 등의 결함의 레이저 가공(리페어 가공)을 행하는 레이저 가공 장치에 관한 것이다.

[0003] 본원은, 2007년 5월 1일자에 출원된 일본국 특허 출원 제2007-120812호에 대하여 우선권을 주장하고, 그 내용을 여기에 원용한다.

배 경 기 술

[0004] 종래, 예를 들면, 액정 표시 디바이스(LCD)의 제조 공정 등에서는, 포토리소그래피 처리 공정에서 처리되는 유리 기판에 대하여 각종 검사가 행해진다. 이 검사의 결과, 유리 기판상에 형성된 레지스트 패턴이나 에칭 패턴으로 결함부가 검출되면, 레이저 가공 장치를 사용하여, 결함부에 레이저광을 조사하여 결함부를 제거하는 레이저 가공, 이른바 리페어 가공을 행하는 경우가 많다.

[0005] 이와 같은 레이저 가공 장치로서, 특허 문헌 1에는, 유리 기판상의 결함부를 촬상하여 취득된 결함 화상 데이터로부터 결함부의 형상 데이터를 추출하고, 이 형상 데이터에 기초하여 DMD(Digital Micro mirror Device) 유닛의 각각의 미소 미러를 고속으로 각도 제어하고, 이들 미소 미러에서 반사한 레이저광의 단면 형상을 결함부의 형상에 대략 일치시켜 결함부에 조사하는 리페어 장치가 기재되어 있다.

[0006] [특허 문헌 1] 일본국 특개2005-103581호 공보

발명의 내용

해결 하고자하는 과제

[0007] 그러나 상기와 같은 종래의 레이저 가공 장치에는 다음과 같은 문제가 있었다.

[0008] 특허 문헌 1에 기재된 기술에서는, DMD 유닛을 사용함으로써, 결함부의 형상에 따라 공간 변조된 레이저광을 조사하므로, 효율적으로 레이저 가공을 할 수 있지만, DMD에서는, 미소 미러를 고속으로 회동하기 위하여, 미소 미러의 대각선 방향으로 회동축을 설정한 디바이스가 일반적으로 구성되어 있다.

[0009] 이 경우, 반사광을 피가공면을 향해 반사하는 온 상태의 미소 미러의 입사면, 즉 DMD에 입사하기까지의 광축, DMD에서 반사되고나서 피가공면을 향한 광축, 및 미소 미러의 법선을 포함하는 평면은, 미소 미러의 회동축에 직교하지 않기 때문에, 미소 미러가 배열된 DMD 유닛의 직사각형 영역의 4개의 변, 또는 장변 및 단변의 방향에 대하여, 각각의 광축이 뒤틀림의 위치 관계에 있는 레이아웃을 채용하지 않으면 안 된다.

[0010] 이와 같은 레이아웃에서는, 피가공면에 직사각형의 가공 가능 영역을 설정하고, DMD 유닛을 이 가공 가능 영역의 배치에 맞추어 배치하면, 종래의 구성에서는, 광원이나 미러 등을 배치하는 메카 레이아웃이 극히 복잡해져, 부품 가공이나 조립이 복잡하게 된다. 그 결과, 부품 가공비나 조립 공정수가 증대하고, 비용의 증가하는 요인이 되는 문제가 있다.

[0011] 이와 같은 미소 미러가 배열된 DMD 유닛의 직사각형 영역의 4개의 변의 방향에 대하여 각각의 광축이 뒤틀림의 위치 관계에 있는 레이저 가공 장치의 주요부의 메카 레이아웃의 일례에 대하여, 도 12, 도 13a, 도 13b를 참조하여 간단하게 설명한다. 도 12는 레이저 가공 장치의 주요부의 구성을 나타낸 사시도이다. 도 13a, 도 13b는 도 12를 A 방향으로부터 본 정면도, 및 B 방향으로부터 본 측면도이다.

[0012] 레이저 가공 장치(200)는, 도 12에 나타낸 바와 같이, 하우징(201)에, 투영 렌즈(204), 미러(205, 207), 공간 변조 소자(206), 반투명 거울(209), 대물 렌즈(208), 및 촬상 유닛(210) 등이 일체로 설치되어 있다.

[0013] 이로써, 투영 렌즈(204)에 입사한 레이저광은, 광축 Q_1, Q_2, Q_3, Q_4, Q_5와 같이 굴곡된 광로를 거쳐, 피가공물에 조사되고, 한편, 피가공물은, 광축 Q_5 상에 배치된 촬상 유닛(210)에 의해 촬상된다.

[0014] 공간 변조 소자(206)는, 도 12에 나타낸 바와 같이, 장변 방향이 B 방향, 단변 방향이 A 방향으로 배치되고, 거기에 맞추어, 광축 Q_3, Q_4, Q_5가 동일 평면상에 배치되어 있다. 그런데 공간 변조 소자(206)는, DMD를 사용하므로, 예를 들면, 장변 방향에 대하여 45° 로 연장되는 방향을 회전축으로 하고 있으므로, 이와 같은 광학 레이아웃을 실현하기 위하여, 공간 변조 소자(206)에 입사하는 광축 Q_2를 공간 변조 소자(206)의 장변 및 단변에 대하여 교차하는 경사 입사 방향으로 배치하도록 하고 있다. 즉, 도 12의 A 방향에 있어서, 광축 Q_3에 대하여 각도 a(도 13a 참조), 동일하게 B 방향에 있어서, 광축 Q_3에 대하여 각도 b(도 13b 참조)만큼 각각 경사지게 하여, 광축 Q_3, Q_4, Q_5를 포함하는 평면에 대하여, 광축 Q_1, Q_2가 뒤틀림의 위치로 되도록 배치되어 있다.

[0015] 그러므로 투영 렌즈(204), 미러(205) 등의, 공간 변조 소자(206)에 입사 전의 광학계의 배치가, 극히 복잡해져,

하우징(201)의 형상도 복잡해지고, 광축 Q_1, Q_2상에 배치되는 부재가, 경사지게 경사지므로, 컴팩트한 유닛을 구성할 수 없다.

과제 해결수단

[0016] 본 발명은, 상기와 같은 문제점을 감안하여 이루어진 것이며, 일정 방향으로 정렬된 회동축을 중심으로 하여 각각 회동 가능하게 설치된 복수의 미소 미러가 회동축과 교차하는 방향으로 연장되는 4개의 변으로 에워싸인 직사각형 영역에 배열된 미소 미러 어레이를 가지는 공간 변조 소자를 사용한 레이저 가공 장치에 있어서, 구성 부품의 부품 가공이나 조립의 효율을 향상시킬 수 있는 레이저 가공 장치를 제공하는 것을 목적으로 한다.

[0017] 상기의 과제를 해결하기 위하여, 본 발명의 레이저 가공 장치는, 레이저 광원과 일정 방향으로 정렬된 회동축을 중심으로 하여 각각 회동 가능하게 설치된 복수의 미소 미러가 상기 회동축과 교차하는 방향으로 연장되는 4개의 변으로 에워싸인 직사각형 영역 내에서 상기 4개의 변의 서로 직교하는 2변이 연장되는 방향으로 배열된 미소 미러 어레이에 의해 상기 레이저 광원으로부터 조사되는 레이저광을 공간 변조하는 공간 변조 소자와, 상기 미소 미러 어레이와 상기 피가공면이 공역으로 되도록 배치된 조사 광학계를 포함하고, 상기 레이저 광원으로부터 상기 미소 미러 어레이에서 반사하고 상기 조사 광학계를 거쳐 상기 피가공면에 이르는 제1 광축이 동일한 평면상에 있는 구성으로 한다.

효 과

[0018] 본 발명에 의하면, 레이저 광원으로부터 미소 미러 어레이에서 반사하고 조사 광학계를 거쳐 피가공면에 이르는 제1 광축이 동일한 평면상에 있는 구성으로 하므로, 이 광학계를 구성하는 광학 소자나 광학 디바이스 등의 광학 부품을 일 평면상에 배열할 수 있고, 광로의 절곡, 부품 배치, 장착이 용이해지고, 일 평면에 교차하는 방향으로의 부재의 돌출을 억제하여 컴팩트한 구성으로 할 수 있다.

[0019] 본 발명의 레이저 가공 장치에 의하면, 제1 광축 위의 광학 부품을 일 평면상에 배열할 수 있으므로, 광로의 절곡이나 부품 배치가 용이해지고, 광학 부품의 지지 부재 등을 포함하는 각 구성 부품의 부품 가공이나 조립의 효율을 향상시킬 수 있는 효과를 얻을 수 있다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

[0020] 이하에서는, 본 발명의 실시예에 대하여 첨부 도면을 참조하여 설명한다. 모든 도면에 있어서, 실시예가 상이한 경우라도, 동일 또는 상당하는 부재에는 동일한 부호를 부여하고, 공통되는 설명은 생략한다.

[0021] [제1 실시예]

[0022] 본 발명의 제1 실시예에 관한 레이저 가공 장치에 대하여 설명한다.

[0023] 도 1은 본 발명의 제1 실시예에 관한 레이저 가공 장치의 개략 구성을 나타낸 광축을 포함하는 단면에 있어서의 모식도이다. 도 2a는 본 발명의 제1 실시예에 관한 레이저 가공 장치의 주요부의 외관을 나타낸 정면도이다. 도 2b는 본 발명의 제1 실시예에 관한 레이저 가공 장치의 주요부의 외관을 나타낸 측면도이다. 도 3은 본 발명의 제1 실시예에 관한 레이저 가공 장치의 공간 변조 소자의 광축을 포함하는 단면에서의 단면도이다. 도 4는 본 발명의 제1 실시예에 관한 레이저 가공 장치의 공간 변조 소자의 모식도이다. 도 5a는 본 발명의 제1 실시예에 관한 레이저 가공 장치의 공간 소자 근방의 모식도이다. 도 5b는 도 5a의 C 방향으로부터 본 모식도이다. 도 6은 본 발명의 제1 실시예에 관한 레이저 가공 장치의 공간 변조 소자의 기준면과 입사면과의 위치 관계를 나타낸 사시도이다. 도 7은 본 발명의 제1 실시예에 관한 레이저 가공 장치의 제어 유닛의 개략 구성을 나타낸 기능 블록도이다.

[0024] 도면 중의 XYZ 좌표계는, 방향 참조의 편의를 위해 각각의 도면에서의 공통의 위치 관계로 설치한 것이며, 연직 방향이 Z축, 수평면이 XY 평면이며, Y축 부방향으로부터 Y축 정방향으로 향하는 방향이, 정면시의 방향으로 일치되어 있다(이하, 다른 도면에서도 마찬가지이다).

[0025] 또한, 도면 중의 광속을 나타내는 선은, 시료가 있는 1점에 레이저광을 조사하는 경우를 모식적으로 그린 것이다.

[0026] 본 실시예의 레이저 가공 장치(100)는, 레이저광으로 리페어 가공을 행하는 장치이다. 예를 들면, LCD(액정 디스플레이)의 유리 기판이나 반도체 웨이퍼 기판 등, 포토리소그래피 처리 공정에서 기판상에 회로 패턴 등이 형성된 피가공물에 있어서, 예를 들면, 배선 부분의 쇼트, 포토레지스트의 돌출 등의 결함부가 검출된 경우에 결

함부를 제거하는 리페어 가공에 바람직하게 사용할 수 있는 것이다.

[0027] 레이저 가공 장치(100)의 개략 구성은, 도 1, 도 2a, 도 2b에 나타낸 바와 같이, 레이저 광원(50), 가공 헤드(20), 가공 헤드 이동 기구(31), 탑재대(21), 제어 유닛(22), 표시부(30), 및 사용자 인터페이스(도 7 참조)로 이루어지고, 피가공물인 기판(11)은, 가공 시에는, 가공 헤드(20)의 아래쪽에 설치된 탑재대(21) 상에 피가공면(11a)을 위쪽을 향해 수평으로 탑재한다.

[0028] 레이저 광원(50)은, 리페어 가공용의 광원이다. 본 실시예에서는, 레이저 발진기(1), 결합 렌즈(2), 및 파이버(3)로 이루어지는 구성을 채용하고 있다.

[0029] 레이저 발진기(1)는, 기판(11) 상의 결함을 제거 가능하도록, 파장, 출력이 설정된 레이저광을 발진하는 것으로, 예를 들면, 펄스 발진 가능한 YAG 레이저 등을 바람직하게 채용할 수 있다. 또한, 리페어 대상에 따라 복수의 발진 파장을 전환하도록 되어 있다.

[0030] 레이저 발진기(1)는, 제어 유닛(22)에 전기적으로 접속되고, 제어 유닛(22)으로부터의 제어 신호에 따라 발진이 제어되도록 되어 있다.

[0031] 결합 렌즈(2)는, 레이저 발진기(1)로부터 출사되는 레이저광을 파이버(3)에 광결합하기 위한 광학 소자이다.

[0032] 파이버(3)는, 결합 렌즈(2)에 의해, 파이버 단면(3a)에 광결합된 레이저광을 내부에서 전반(傳搬)시켜 가공 헤드(20) 내에 인도하고, 레이저광(60)으로서 파이버 단면(3b)으로부터 출사하는 것이다. 레이저광(60)은, 파이버(3)의 내부를 전반하고나서 출사되므로, 레이저 발진기(1)의 레이저광이 가우시안 분포이어도, 광량 분포가 균일화된 확산광으로 되어 있다.

[0033] 도 1은 모식도이기 때문에, 레이저 발진기(1)를 Z 방향을 따라 배치하고 있지만, 레이저 발진기(1)의 배치 위치·자세는 이에 한정되지 않고, 파이버(3)를 돌림으로써 적절한 배치 위치·자세를 설정할 수 있다. 또한, 파이버의 모드를 안정시키기 위한 모드 스크램블러를 내장해도 된다.

[0034] 또한, 레이저광의 균일화 수단은, 이와 같이 파이버(3)를 사용하지 않고, 다른 광학 소자, 예를 들면, 플라이아이 렌즈(fly eye lens), 회절 소자, 비구면 렌즈나, 칼레이드(Kaleido)형 로드를 사용한 것 등의 각종의 구성의 호모지나이저(homogenizer) 등을 사용한 구성으로 해도 된다.

[0035] 가공 헤드(20)는, 적당한 구동 수단을 포함하는 가공 헤드 이동 기구(31)(도 2b 참조)에 의해, 탑재대(21)에 대하여 XYZ 축방향으로 상대 이동 가능하게 유지된 하우징(20a) 내에, 투영 렌즈(4), 공간 변조 소자(6), 조사 광학계(8), 관찰용 광원(16), 관찰용 결상 렌즈(12), 촬상 소자(13) 등의 광학 소자, 디바이스 등을 지지하게 된다.

[0036] 본 실시예에서는, 상대 이동은, 가공 헤드 이동 기구(31)에 의해 가공 헤드(20)를 피가공면(11a)에 평행한 X축방향 및 피가공면(11a)에 직교하는 방향(Z축 방향)으로 이동하여, 탑재대(21)에 의해, 기판(11)을 Y 축방향으로 이동하는 경우의 예로 설명하지만, 예를 들면, 가공 헤드(20)가 Z 축방향으로 이동하여 탑재대(21)가 XY 방향으로 이동하거나, 탑재대(21)가 고정되고 가공 헤드(20)가 XYZ 축방향으로 이동하도록 적당한 조합의 상대 이동을 채용할 수 있다.

[0037] 투영 렌즈(4)는, 하우징(20a)에 고정된 파이버(3)의 파이버 단면(3b)과 공간 변조 소자(6)의 후술하는 기준면 M을 공역인 관계로 하는 배치로 되고, 파이버 단면(3b)의 상을 공간 변조 소자(6)의 변조 영역 전체를 조사할 수 있도록 투영 배율이 설정된 렌즈 또는 렌즈군이다.

[0038] 본 실시예에서는, 투영 렌즈(4)의 광축 P_1은, ZX 평면에 있어서, X축 정방향으로부터 부방향으로 향함에 따라 Z축 정방향으로부터 부방향으로 향하는 경사 방향으로 설정되어 있다.

[0039] 공간 변조 소자(6)는, 투영 렌즈(4)로부터 투사된 레이저광(61)을 공간 변조하는 것이며, 미소 미러 어레이인 DMD으로 이루어진다. 즉, 공간 변조 소자(6)는, 도 3에 나타낸 바와 같이, 기준면 M에 대하여, 회동축 R을 중심으로 하여, 각도 ±α만큼 경사질 수 있는 복수의 미소 미러(6a)가, 도 4에 나타낸 바와 같이, 장변 W×단변 H의 직사각형의 변조 영역 내에, 장변 및 단변으로 연장되는 방향을 배열 방향으로 하여 2차원적으로 배열되어 있다.

[0040] 각각의 미소 미러(6a)의 회동축 R은, 도 4에 나타낸 바와 같이, 기준면 M 내에서, 변조 영역의 장변에 대하여 각도 Θ_1(단, $\Theta_1>0^\circ$), 단변에 대하여 각도 Θ_2(단, $\Theta_2>0^\circ$, 또한 $\Theta_1+\Theta_2=90^\circ$)만큼 경사져 있다.

[0041] 본 실시예에서는, 일례로서, $\alpha=12^\circ$, $\Theta_1=\Theta_2=45^\circ$ 이도록 DMD를 채용하고 있다.

[0042] 본 실시예에서는, 공간 변조 소자(6)는 장변 W×단변 H의 직사각형으로 하였으나, 정사각형이어도 되고, 그 경우는, 4개의 변 중, 서로 직교하는 2변의 한쪽을 장변, 다른 쪽을 단변으로 하면, 하기의 설명이 마찬가지로 성립된다.

[0043] 공간 변조 소자(6)의 각각의 미소 미러(6a)는, 제어 유닛(22)으로부터의 제어 신호에 따라 발생하는 정전 전계에 의해, 온 상태에서는 예를 들면 기준면 M으로부터 +12° 회전되고, 오프 상태에서는 기준면 M으로부터 -12° 회전된다. 이하에서는, 온 상태의 미소 미러(6a)에 의해 반사된 광을 온(on) 광(도 3의 L_{ON}), 오프 상태의 미소 미러(6a)에 의해 반사된 광을 오프(off) 광(도 3의 L_{OFF})이라고 한다.

[0044] 각각의 미소 미러(6a)의 위치는, 장변 방향의 열번호 m, 단변 방향의 행 번호 n(m, n는, 0 이상의 정수)로서, (m, n)로 나타내는 것이 가능하다.

[0045] 공간 변조 소자(6)의 배치 위치는, 도 5a, 도 5b에 나타낸 바와 같이, 기준면 M을 Z축 부방향 측을 향하여, XY 평면에 평행한 평면에 정렬시키는 동시에, 기준면 M에 있어서, 변조 영역의 장변 방향을, 광축 P_1을 포함하는, ZX 평면에 평행한 평면과 각도 Θ만큼 경사진 배치로 하고 있다. 각도 Θ는, 미소 미러(6a)의 회동축 R에 직교하는 각도이고, 본 실시예에서는, $\Theta=45^\circ$ 이다.

[0046] 본 실시예에서는, 레이저광(61)의 광로 상에 미러(5)를 배치하여, 레이저광(61)의 광축 P_1을 광축 P_2의 방향으로 반사하고, 레이저광(61)이, 공간 변조 소자(6)의 기준면 M의 법선에 대하여 각도 2α로 입사하는 배치로 하고 있다. 그러므로 온 광(62)은, 기준면 M의 법선에 따르는 광축 P_3에 따라 반사된다.

[0047] 이와 같이 공간 변조 소자(6)를, 회동축 R의 방향을 따라 각도 Θ만큼 회전한 배치로 함으로써, 도 6에 나타낸 바와 같이, 광축 P_1, P_2를 포함하는, ZX 평면에 평행한 평면이, 미러(5)에서 반사되어 미소 미러(6a)에 입사하는 레이저광(61)의 축 상 광의 입사면 S와 일치한다. 그러므로 광축 P_1, P_2, 및 미소 미러(6a)에서 반사되는 온 광(62)의 광축 P_3은, 동일 평면상에 위치하게 된다.

[0048] 조사 광학계(8)는, 공간 변조 소자(6)에서 공간 변조되어 일정 방향을 향해 반사된 온 광(62)에 의한 상을, 기판(11)의 피가공면(11a) 상에 배율 β로 결상하는 결상 광학계를 구성하는 광학 소자군이며, 공간 변조 소자(6) 측에 결상 렌즈(8A)가, 기판(11) 측에 대물 렌즈(8B)가 각각 배치되어 있다.

[0049] 본 실시예에서는, 대물 렌즈(8B)는, 배율이 상이한 복수 개가 레보로테이션(levorotation) 기구에 의해 전환 가능하게 유지되어 있다. 그러므로, 레보로테이션 기구를 회전시켜 대물 렌즈(8B)를 전환함으로써, 조사 광학계(8)의 배율 β를 변경할 수 있도록 되어 있다. 이하에서는, 특별히 언급하지 않는 이상 대물 렌즈(8B)는, 조사 광학계(8)를 구성하기 위해 선택된 렌즈를 가리키는 것으로 한다.

[0050] 또한, 본 실시예에서는, 결상 렌즈(8A)의 광축 P_4는, X축 방향에 평행하게 배치되고, 대물 렌즈(8B)의 광축 P_5는, Z축 방향에 평행하게 배치되어 있다.

[0051] 그러므로 공간 변조 소자(6)와 결상 렌즈(8A) 사이에는, 온 광(62)을 반사하여, 광축 P_4에 따라 입사시키는 미러(7)가 설치되어 있다. 그리고 결상 렌즈(8A)와 대물 렌즈(8B) 사이에는, 결상 렌즈(8A)를 투과한 광을 반사하여, 광축 P_5에 따라 입사시키는 반투명 거울(9)이 설치되어 있다.

[0052] 이같이 하여, 광축 P_4, P_5는, 광축 P_1, P_2, P_3와 동일 평면상에 위치하고 있다. 즉, 레이저 광원(1)으로부터 온 상태의 미소 미러(6a)에서 반사되고 조사 광학계(8)를 거쳐 피가공면(11a)에 이르는 제1 광축을 구성하는 광축 P_1 ~ P_5는, 모두 동일 평면상에 위치하고 있다.

[0053] 또한, 미러(7), 반투명 거울(9)은, 모두 Y축 회전에만 경사져 있다.

[0054] 조사 광학계(8)의 투영 배율 β는, 피가공면(11a) 상에서의 필요한 가공 정밀도로 따라 적당히 설정할 수 있다. 예를 들면, 변조 영역 전체의 W×H의 크기의 화상이, 피가공면(11a) 상에서, W'×H'로 되는 배율로 한다.

[0055] 결상 렌즈(8A)의 NA는, 오프 광(63)으로서 반사된 광이, 입사하지 않는 크기로 된다.

[0056] 관찰용 광원(16)은, 피가공면(11a) 상의 가공 가능 영역 내를 조명하기 위한 관찰용 광(70)을 발생하는 광원이며, 반투명 거울(9)과 대물 렌즈(8B) 사이의 광로의 측방에 설치되어 있다.

[0057] 반투명 거울(9)과 대물 렌즈(8B) 사이의 광로 상에 있어서 관찰용 광원(16)에 대향하는 위치에는, 반투명 거울(9)에서 반사된 온 광(62)을 투과하고, 관찰용 광(70)을 대물 렌즈(8B)를 향해 반사하는 반투명 거울(14)이 설치되어 있다. 그리고 관찰용 광원(16)과 반투명 거울(14) 사이에는, 관찰용 광(70)을 적당한 직경의 조명 광속(光束)으로 집광하는 집광 렌즈(15)가 설치되어 있다. 집광 렌즈(15)의 광축 P_6은, 제1 광축이 위치하는 평면 상에 있어도 되고, 교차하는 위치에 있어도 된다.

[0058] 관찰용 광원(16)으로서는, 예를 들면, 가시광선을 발생하는 크세논 램프나 LED 등 적당한 광원을 채용할 수 있다.

[0059] 관찰용 결상 렌즈(12)(촬상 광학계)는, 반투명 거울(9)의 위쪽으로, 대물 렌즈(8B)의 광축 P_5와 동축에 배치되고, 관찰용 광(70)에 의해 조명된 피가공면(11a)으로부터 반사되어 대물 렌즈(8B)에 의해 집광된 광을 촬상 소자(13)(촬상부)의 촬상면 상에 결상하기 위한 광학 소자이다. 그러므로 광축 P_5는, 피가공면으로부터 촬상 광학계를 거쳐 촬상부에 이르는 제2 광축을 겸하고 있다.

[0060] 촬상 소자(13)는, 촬상면 상에 결상된 화상을 광전 변환하는 것이며, 예를 들면, CCD 등으로 이루어진다. 본 실시예에서는, 장변 w×단변 h의 촬상면의 장변에 따르는 배열 방향으로 x개, 단변에 따르는 배열 방향으로 y개의 합계 x×y개의 수광 화소(광전 변환 요소)가 배열된 것을 채용하고 있다.

[0061] 그리고 촬상 소자(13)의 광축 P_5 중심의 회전 위치는, 촬상면의 장변 및 단변이, 피가공면(11a) 상의 가공 가능 영역의 장변 및 단변의 방향과 평행하게 조정되어 있다.

[0062] 단, 본 실시예에서는, 후술하는 바와 같이 화상 처리부(44)가, 가공 데이터를 산출할 때, 촬상 소자(13)와 피가공면(11a) 상의 가공 가능 영역과의 위치 관계를 보정하는 화상 처리를 행할 수 있도록 되어 있으므로, 촬상 소자(13)의 광축 P_5 중심의 회전 위치의 조정 정밀도는, 촬상면의 장변 및 단변이, 피가공면(11a) 상의 가공 가능 영역의 장변 및 단변과 보정 처리가 가능한 범위에서 대략 평행하면 된다.

[0063] 본 실시예에서는, 촬상 소자(13)는 장변 w×단변 h의 직사각형으로 하였으나, 정사각형이어도 되고, 그 경우는, 4개의 변 중, 서로 직교하는 2변의 한쪽을 장변, 다른 쪽을 단변으로 하면, 하기의 설명이 마찬가지로 성립된다.

[0064] 촬상 소자(13)가, 가공 가능 영역에 대하여 이와 같은 위치 관계로 배치되어 있으므로, 대물 렌즈(8B), 관찰용 결상 렌즈(12)로 구성되는 결상 광학계의 배율을 적당히 설정함으로써, 촬상면 상에 투영된 가공 가능 영역의 장변 또는 단변을 각각 촬상면의 장변 또는 단변과 일치, 또는 실질적으로 일치시킬 수 있다. 특히, 가공 가능 영역과 촬상면과의 종횡비가 일치하는 경우에는, 각각의 장변 및 단변을 함께, 일치, 또는 실질적으로 일치시키는 것이 가능해진다. 이 경우, 촬상 소자(13)의 각각의 수광 화소, 가공 가능 영역에 대응하는 각각의 미소 미러(6a)의 각각의 좌표의 원점이나 배열 방향이 일치하도록 배치하는 것이 바람직하다.

[0065] 촬상 소자(13)에서 광전 변환된 화상 신호는, 촬상 소자(13)에 전기적으로 접속된 제어 유닛(22)에 송출된다.

[0066] 제어 유닛(22)은, 레이저 가공 장치(100)의 동작을 제어하기 위한 것이며, 도 7에 나타낸 바와 같이, 화상 취입부(40), 데이터 기억부(43), 공간 변조 소자 구동부(41), 장치 제어부(42), 화상 처리부(44), 및 보정 데이터 기억부(47)로 이루어진다.

[0067] 제어 유닛(22)의 장치 구성은, 본 실시예에서는, CPU, 메모리, 입출력부, 외부 기억 장치 등으로 구성된 컴퓨터와 적당한 하드웨어의 조합으로 이루어진다. 데이터 기억부(43), 보정 데이터 기억부(47)는, 이 컴퓨터의 메모리나 외부 기억 장치를 사용하여 실현하고 있다. 또한, 다른 구성은, 각각의 제어 기능, 처리 기능에 대응하여 작성된 프로그램을 CPU로 실행함으로써 실현하고 있다.

[0068] 화상 취입부(40)는, 촬상 소자(13)에서 취득된 화상 신호를 판독하여 피가공면(11a)의 2차원 화상을 얻는 것이다. 얻어진 2차원 화상은, 모니터 등으로 이루어지는 표시부(30)에 송출되어 표시되고, 화상 데이터(150)로서 화상 메모리로 이루어지는 데이터 기억부(43)에 송출되어 기억된다.

[0069] 공간 변조 소자 구동부(41)는, 화상 처리부(44)에서 생성된 가공 데이터에 기초하여 공간 변조 소자(6)의 각각의 미소 미러(6a)의 온/오프 상태를 제어하는 것이다. 장치 제어부(42)는, 예를 들면, 조작 패널, 키보드, 마

우스 등의 적당한 조작 입력 수단을 포함하는 사용자 인터페이스(32)로부터의 조작 입력에 따라 레이저 가공 장치(100)의 동작을 제어하는 것이며, 화상 취입부(40), 공간 변조 소자 구동부(41), 가공 헤드 이동 기구(31), 레이저 발진기(1), 관찰용 광원(16)에 전기적으로 접속되고, 각각의 동작이나 동작 타이밍을 제어할 수 있도록 되어 있다.

[0070] 화상 처리부(44)는, 데이터 기억부(43)에 기억된 화상 데이터(150)를 호출하여 적당한 화상 처리를 행하는 것이며, 본 실시예에서는, 결함 추출부(45)와 가공 데이터 생성부(46)를 포함한다.

[0071] 결함 추출부(45)는, 화상 데이터(150)에 대하여 결함 추출 처리를 행하고, 가공 형상 정보를 결함 화상 데이터(151)로서 가공 데이터 생성부(46)에 송출하는 것이다.

[0072] 이 결함 추출 처리는, 주지의 어떠한 결함 추출 알고리즘을 사용해도 된다. 예를 들면, 취득된 화상 데이터와, 미리 기억된 정상적인 피가공면(11a)의 패턴 화상 데이터와의 휘도의 차분을 취하여, 그 차분 데이터를 어떤 임계값에서 2진수화 한 데이터로부터 결함을 추출할 수 있다.

[0073] 가공 데이터 생성부(46)는, 결함 추출부(45)로부터 송출된 가공 형상 정보에 대응하여, 피가공면(11a)에 온 광(62)을 조사할 수 있도록, 공간 변조 소자(6)의 각각의 미소 미러(6a)의 온/오프를 제어하는 가공 데이터(152)(변조 데이터)를 생성하는 것이다.

[0074] 가공 데이터(152)를 생성할 때, 본 실시예에서는, 촬상면의, 가공 가능 영역에 대한 광축 P_5 중심의 회전 위치가 어긋나, 각각의 장변 및 단변이 평행하게 되어 있지 않은 경우라도, 그 회전 편차량을, 보정 데이터 기억부(47)에 기억하여 둠으로써, 촬상 소자(13)가 취득한 결함 화상 데이터(151)를 회전 변환하고, 회전 위치의 보정 처리가 가능하도록 되어 있다. 따라서, 가공 데이터 생성부(46)는, 촬상부가 취득한 상을, 제2 광축을 중심으로 하여 회전 변환하는 좌표 변환 수단을 구성하고 있다.

[0075] 여기서, 배율, 회전, 위치 어긋남의 캘리브레이션(calibration) 방법의 일례에 대하여 설명한다.

[0076] 탑재대(21)에, 위치 설정용의 기판(11)을 탑재하고, 가공 데이터(152)로서 도시하지 않은 LED 등의 참조용 광원으로 전환하여, 위치 설정용의 패턴, 예를 들면, 가공 가능 영역의 외주를 나타내는 직사각형이나, 가공 가능 영역의 중심 위치에 대응하는 +자 등의 기하학적인 패턴을 설정하여, 위치 설정용의 기판(11)의 피가공면(11a)에 위치 설정용 패턴을 조사한다.

[0077] 다음에, 촬상 소자(13)에서 피가공면(11a)을 촬상하고, 위치 설정용의 패턴이 조사된 피가공면(11a)의 화상을 취득한다. 그리고 화상 처리부(44)에 의해, 이 화상의 촬상면 상의 위치 좌표를 해석하고, 촬상 소자(13)의 촬상면의 가공 가능 영역에 대한 위치 어긋남을 검출하고, 촬상 소자(13)의 회전량을 산출한다.

[0078] 다음에, 레이저 가공 장치(100)의 동작에 대하여 설명한다.

[0079] 레이저 가공 장치(100)로 레이저 가공을 행하는 데는, 먼저, 탑재대(21) 상에 피가공물로서 기판(11)을 탑재한다.

[0080] 다음에, 가공 헤드 이동 기구(31)에 의해, 가공 헤드(20)를 이동하여, 최초의 가공 위치에 설정하고, 피가공면(11a)의 가공 가능 영역의 화상을 취득한다. 즉, 관찰용 광원(16)을 점등하고, 관찰용 광(70)을 발생시킨다. 관찰용 광(70)은, 반투명 거울(14)에서 일부가 반사되고, 이 반사광이 대물 렌즈(8B)로 집광되어 피가공면(11a) 상의 가공 가능 영역을 조명한다.

[0081] 피가공면(11a)에서 반사된 반사광은, 대물 렌즈(8B)로 집광되고, 일부가 반투명 거울(14)을 투과한다. 그리고 반투명 거울(9)에 의해, 또한 일부가 투과되어, 관찰용 결상 렌즈(12)에 안내된다. 관찰용 결상 렌즈(12)에 입사한 광은, 촬상 소자(13)의 촬상면에 결상된다.

[0082] 촬상 소자(13)는, 결상된 피가공면(11a)의 화상을 광전 변환하고, 화상 취입부(40)에 송출한다.

[0083] 화상 취입부(40)에서는, 송출된 화상 신호를, 필요에 따라 노이즈 제거, 휘도 보정 등의 처리를 가해 표시부(30)에 표시한다. 또한, 장치 제어부(42)의 제어 신호에 따라 적당한 타이밍에서 화상 신호를 화상 데이터(150)로 변환하여, 데이터 기억부(43)에 기억한다. 이같이 하여, 피가공면(11a)의 가공 가능 영역의 화상이 취득된다.

[0084] 다음에, 화상 처리부(44)에서는, 데이터 기억부(43)에 기억된 화상 데이터(150)를 결함 추출부(45)에 판독하여 결함 추출을 행한다. 그리고 추출된 결함의 종류나 크기 등을 판정하고, 리페어 가공해야 할 결함으로 판단된

경우에, 결함 화상 데이터(151)로서 가공 데이터 생성부(46)에 송출한다.

[0085] 가공 데이터 생성부(46)에서는, 결함 화상 데이터(151)의 회전 위치의 보정 처리를 행할 필요가 있는 경우에는, 먼저 보정 데이터 기억부(47)로부터 보정 데이터를 판독하여, 결함 화상 데이터(151)의 회전이동을 행한다.

[0086] 이 상태에서는, 결함 화상 데이터(151)에 있어서의 2차원의 배열 방향과, 가공 가능 영역의 장변 및 단변의 방향이 일치하고 있다.

[0087] 또한, 피가공면(11a)의 가공 가능 영역과 공간 변조 소자(6)의 변조 영역은, 조사 광학계(8)에 의해, 공역의 관계로 되어 있고, 조사 광학계(8)의 투영 배율이 β이므로, 가공 가능 영역 위의 위치 좌표를 1/β배 함으로써, 공간 변조 소자(6)의 변조 영역 위의 위치에 대응시킬 수 있다.

[0088] 이같이 하여, 가공 데이터 생성부(46)에서는, 결함 화상 데이터(151)로부터, 결함 화상 데이터(151)에 의해 표현되는 피가공면(11a) 상의 각 위치에, 온 광(62)을 조사하므로 온 상태로 제어해야 할 미소 미러(6a)를 결정하고, 이들 미소 미러(6a)를 온 상태로 하고, 다른 미소 미러(6a)를 오프 상태로 하도록 공간 변조 소자(6)를 구동하는 가공 데이터(152)를 생성한다. 예를 들면, 각각의 미소 미러(6a)의 위치(m, n)에 대응하여, 온 상태가 1, 오프 상태가 0의 수치가 대응하는 표 데이터로서, 가공 데이터(152)가 생성된다.

[0089] 생성된 가공 데이터(152)는, 공간 변조 소자 구동부(41)에 송출한다.

[0090] 공간 변조 소자 구동부(41)는, 장치 제어부(42)의 제어 신호와 송출된 가공 데이터(152)에 기초하여, 공간 변조 소자(6)의 각각의 미소 미러(6a)의 회동 각을 제어한다.

[0091] 다음에, 장치 제어부(42)는, 레이저 발진기(1)에 대하여, 레이저광을 발진시키는 제어 신호를 송출하고, 기판(11)에 따라 미리 선택된 조사 조건에 따라 레이저 발진기(1)로부터 레이저광을 발진시킨다.

[0092] 레이저광의 조사 조건으로서는, 예를 들면, 파장, 광출력, 발진 펄스폭 등을 들 수 있다.

[0093] 발진된 레이저광은, 결합 렌즈(2)에서 파이버(3)의 파이버 단면(3a)에 광 결합되고, 파이버 단면(3b)으로부터, 광강도 분포가 대략 균일화된 발산광인 레이저광(60)으로서 출사된다.

[0094] 레이저광(60)은, 투영 렌즈(4)에 의해, 광축 P_1에 따라 진행되어, 미러(5)에서 반사되고 광축 P_2에 따라 진행되어, 공간 변조 소자(6) 상에 투영된다. 그리고 공간 변조 소자(6) 상의 각각의 미소 미러(6a)에서 반사된다.

[0095] 경사각이 오프 상태로 된 미소 미러(6a)에서 반사되는 오프 광(63)(도 6 참조)은, 결상 렌즈(8A)의 NA의 범위 밖으로 반사된다.

[0096] 경사각이 온 상태로 된 미소 미러(6a)에서 반사된 온 광(62)은, 광축 P_3에 따라 진행되어, 미러(7)에서 반사되고 광축 P_4에 따라 진행되어, 결상 렌즈(8A)에 입사하고 집광되며, 반투명 거울(9)에 도달하여 반투명 거울(9)에서 반사된다.

[0097] 반투명 거울(9)에서 반사된 온 광(62)은, 광축 P_5에 따라 진행되어, 대물 렌즈(8B)에 의해 피가공면(11a) 상에 결상된다.

[0098] 이같이 하여, 가공 데이터(152)에 기초하여 온 광(62)에 의해 변조 영역의 화상이 피가공면(11a) 상에 투영된다. 그 결과, 온 광(62)이 피가공면(11a)의 결함에 조사되고 결함이 제거된다.

[0099] 이상으로 1회의 레이저 가공을 종료한다.

[0100] 이 가공 후, 촬상 소자(13)에 의해 재차 피가공면(11a)의 화상을 취득하고, 필요에 따라 상기를 반복하여, 미제거부가 있으면 재차 레이저 가공하거나, 또는 가공 가능 영역을 이동하여 다른 부분의 레이저 가공을 하거나 한다.

[0101] 이와 같은 레이저 가공 장치(100)에 의하면, 광축 P_1 ~ P_5가 동일 평면상에 있으므로, 광로 위의 광학 소자나 광학 디바이스 등의 광학 부품을 일 평면상에 배열할 수 있고, 광로의 절곡, 부품 배치, 장착이 용이해지고, 광학 부품의 지지 부재 등을 포함하는 각 구성 부품의 부품 가공이나 조립의 효율을 향상시킬 수 있다.

[0102] 예를 들면, 각각의 광학 부품의 광축 경사 조정은, 모두 1축 회전(본 실시예에서는, Y축 회전)의 조정만으로 되어, 조정이 용이해진다. 또한, 광축 경사의 고정밀도에 영향을 주는 부품 가공 역시, 1축 회전의 정밀도만을 고정밀도로 가공하면 되므로, 가공이 용이해진다.

[0103] 또한, 광축 P_1 ~ P_5가 정렬하는 평면에 교차하는 방향으로 연장되어, 구성 부품을 배치하지 않아도 되므로, 광축 P_1 ~ P_5가 정렬하는 평면에 교차하는 방향에 있어서, 가공 헤드(20)로부터의 구성 부재의 돌출을 억제할 수 있고, 광축 P_1 ~ P_5가 정렬하는 평면의 법선 방향에서의 가공 헤드(20)의 두께를 저감할 수 있다. 그러므로 장치 구성을 컴팩트한 것으로 할 수 있다.

[0104] [제2 실시예]

[0105] 본 발명의 제2 실시예에 관한 레이저 가공 장치에 대하여 설명한다.

[0106] 도 8은 본 발명의 제2 실시예에 관한 레이저 가공 장치의 개략 구성을 나타낸 광축을 포함하는 단면에 있어서의 모식 설명도이다. 도 9a는 본 발명의 제2 실시예에 관한 레이저 가공 장치의 주요부의 외관을 나타낸 정면도이다. 도 9b는 본 발명의 제2 실시예에 관한 레이저 가공 장치의 주요부의 외관을 나타내는 상면도이다. 도 10은 본 발명의 제2 실시예에 관한 레이저 가공 장치의 제어 유닛의 개략 구성을 나타낸 기능 블록도이다.

[0107] 본 실시예의 레이저 가공 장치(110)는, 상기 제1 실시예의 레이저 가공 장치(100)의 가공 헤드(20)에 대신하여, 제1 광학 블록(25), 회전 기구(26)(회전 유지 기구), 및 제2 광학 블록(27)으로 이루어지는 가공 헤드(24)를 포함하고, 제어 유닛(22)에 대신하여, 제어 유닛(23)을 포함하는 것이다. 이하, 상기 제1 실시예와 다른 점을 중심으로 설명한다.

[0108] 제1 광학 블록(25)은, 상기 제1 실시예의 가공 헤드(20) 중, 투영 렌즈(4), 미러(5), 공간 변조 소자(6), 미러(7), 결상 렌즈(8A), 반투명 거울(9), 촬상 소자(13), 및 관찰용 결상 렌즈(12)를, 상기 제1 실시예와 마찬가지의 위치 관계로 배치하여 하우징(25a)(지지 부재)에 고정한 것이다.

[0109] 회전 기구(26)는, 제1 광학 블록(25)을 그 하단 측에서 광축 P_5 중심으로 회전 가능하게 유지하는 것이다. 본 실시예에서는, 회전각이 제어 가능한 모터 등을 포함함으로써, 사용자 인터페이스(32)로부터의 조작에 의해 제1 광학 블록(25)을 회전시킬 수 있다.

[0110] 제2 광학 블록(27)은, 상기 제1 실시예의 가공 헤드(20) 중, 반투명 거울(14), 대물 렌즈(8B), 집광 렌즈(15), 및 관찰용 광원(16)을 상기 제1 실시예와 마찬가지의 위치 관계로 배치하여 제2 광학 블록과 상이한 하우징(27a)에 고정함으로써, 하우징(27a)의 상면 측에 회전 기구(26)를 유지하게 된다. 그리고 가공 헤드 이동 기구(31)에 의해, 탑재대(21)에 대하여 3축 방향으로 상대 이동 가능하게 유지되어 있다.

[0111] 제어 유닛(23)은, 도 10에 나타낸 바와 같이, 상기 제1 실시예의 제어 유닛(22)의 화상 처리부(44)에 대신하여, 화상 처리부(44)에 회전량 산출부(48)를 추가하고 화상 처리부(44A)를 포함하고, 또한 장치 제어부(42)가, 회전 기구(26)에 전기적으로 접속되고, 회전 기구(26)의 회전각을 제어할 수 있도록 되어 있다.

[0112] 회전량 산출부(48)는, 결함 추출부(45)로부터의 결함 화상 데이터(151)를 해석하여, 결함의 크기나 연재 방향을 따라 최적으로 되는 촬상면의 광축 P_5 중심의 회전각을 설정하기 위한 것이다. 본 실시예에서는, 결함 화상 데이터(151)의 결함 부분을 에워싸는 직사각형을 구하고, 이 직사각형의 장변 및 단변이, 각각 촬상면의 장변 및 단변에 평행하게 되는 회전각을 산출하도록 하고 있다. 단, 결함 부분을 에워싸는 직사각형은, 임의 방향을 향한 직사각형이어도 좋고, 예를 들면, 각각의 변이 X축, Y 축에 평행한 직사각형에 한정해도 된다.

[0113] 회전량 산출부(48)에서 산출된 회전각은, 장치 제어부(42)에 송출되어 회전할 필요가 있는 경우에는, 회전각에 따른 제어 신호가, 장치 제어부(42)로부터 회전 기구(26)에 송출된다.

[0114] 다음에, 레이저 가공 장치(110)의 작용에 대하여 설명한다.

[0115] 도 11b, 도 11b는, 본 발명의 제2 실시예에 관한 레이저 가공 장치의 동작에 대하여 설명하는 도면이다.

[0116] 레이저 가공 장치(110)에 의하면, 회전 기구(26)에 의해, 제2 광학 블록(27)에 대하여, 제1 광학 블록(25)이 광축 P_5 중심으로 회전되어도, 항상, 광축 P_1 ~ P_5가 동일 평면상에 위치한다. 그러므로 레이저 가공은, 상기 제1 실시예와 완전히 동일하게 행할 수 있다.

[0117] 본 실시예에서는, 또한 회전 기구(26)를 구동함으로써, 기판(11)에 대한 촬상 소자(13)를 광축 P_5 중심으로 회전하고, 피가공면(11a) 상의 촬상 영역, 및 그것과 대응한 가공 가능 영역을 회전시키는 것이 가능하다.

[0118] 도 11b, 도 11b에 나타낸 바와 같이, 예를 들면, 기판(11)의 장변 방향이 Y축 방향, 단변 방향이 X축 방향으로

배치되어 있는 경우를 고려한다.

[0119] 이 경우에, 도 11b에 나타낸 바와 같이, 제1 광학 블록(25)을, 도시된 시계 방향으로, ϕ_1=45° 회전시킴으로써, 촬상 소자(13)의 장변 방향과, 기판(11)의 장변 방향을 평행하게 설정할 수 있다. 또한, 제1 광학 블록(25)을, 도시된 반시계 방향으로, ϕ_2=45° 회전시킴으로써, 촬상 소자(13)의 단변 방향과, 기판(11)의 장변 방향이 평행하게 설정할 수 있다.

[0120] 또한, 만약, 기판(11)의 탑재 정밀도가 나쁘고, 소정 위치에 대하여 회전하여 탑재된 경우라도, 편차량에 맞추어, 제1 광학 블록(25)을 회전함으로써, 기판(11)의 편차량을 보정한 상태에서, 레이저 가공을 행할 수 있으므로, 고정밀도의 레이저 가공을 행할 수 있다. 이 편차량은, 예를 들면, 화상 처리부(44A)에 의해, 화상 데이터(150)에 포함되는 정상 화상 부분의 패턴의 방향성을 검출함으로써 구할 수 있다. 또한, 표시부(30)에 표시되는 화상에 있어서, 화상 계측을 행하여 구해도 된다.

[0121] 리페어 가공하는 기판(11)은, 직사각형에서, 직사각형의 장변, 단변에 따른 방향으로 회로 패턴 등이 지연되는 것이 많기 때문에, 이와 같은 배치를 선택함으로써, 예를 들면, 결함 추출에 사용하는 정상 화상 패턴은, 미리 종횡을 교체한 2종류를 준비하든지, 1종류를 필요에 따라 90° 회전하여 사용할 수 있으므로, 임의의 회전각에 따라 정상 화상 패턴을 회전 변환하고 나서 결함 추출 연산을 행하는 경우에 비하여, 연산 처리를 신속히 행할 수 있다.

[0122] 또한, 본 실시예에서는, 화상 처리부(44A)가 회전량 산출부(48)를 포함하므로, 다음과 같이 하여, 제1 광학 블록(25)의 회전량을, 피가공면(11a) 상의 결함의 크기나 방향에 의해 결정할 수도 있다.

[0123] 도 10에 나타낸 바와 같이, 결함 추출부(45)로부터 결함 화상 데이터(151)가 회전량 산출부(48)에 송출되면 회전량 산출부(48)에서는, 결함 화상 데이터(151)를 화상 처리하여, 결함 부분을 포함하는 직사각형을 산출한다. 그리고 이 직사각형의 장변 및 단변의 방향으로부터, 그 장변 및 단변이, 촬상 소자(13)의 장변 및 단변과 각각 평행으로 되는 회전각을 산출한다.

[0124] 예를 들면, 도 11b에 나타낸 바와 같이, 결함(300)을 에워싸는 직사각형 T_1으로부터, 회전각 ϕ_1을 산출하고, 제1 광학 블록(25)을 ϕ_1 회전시킨다. 또한, 도 11b에 나타낸 바와 같이, 결함(301)을 에워싸는 직사각형 T_2로부터, 회전각 ϕ_2를 산출하고, 제1 광학 블록(25)을 ϕ_1 회전시킨다.

[0125] 이와 같이, 결함의 형상에 따라 촬상 소자(13)의 회전 방향을 조정함으로써, 결함을 촬상 소자(13)의 촬상 범위에 효율적으로 수납할 수 있으므로, 고배율로 촬상하는 것이 가능해지고, 고정밀도의 레이저 가공이 가능해진다. 또한, 촬상면을 유효하게 사용하여, 근접한 복수의 결함을 효율적으로 촬상하고, 동시에 레이저 가공도 할 수 있으므로, 레이저 가공의 효율을 향상시킬 수 있다.

[0126] 제1 광학 블록의 회전량은, 이와 같이 회전량 산출부(48)에 의해, 자동적으로 산출할 뿐만 아니라, 조작자가 표시부(30)에 표시되는 결함의 화상을 참조하면서 사용자 인터페이스(32)를 통하여, 수동으로 지시해도 된다.

[0127] 상기의 설명에서는, 공간 변조 소자의 변조 데이터를 생성하기 위하여, 피가공면의 화상을 촬상하는 촬상부를 포함하는 경우의 예로 설명하였으나, 예를 들면, 피가공물에 대응하여, 가공 형상이 데이터로 부여되어 있는 것과 같은 경우에는, 이와 같은 촬상부를 가지지 않은 구성으로 해도 된다.

[0128] 또한, 상기의 설명에서는, 촬상부에서 취득된 화상에 화상 처리를 행하여, 피가공면의 결함 추출을 행하고, 추출된 결함의 정보에 기초하여 결함 부분을 제거하기 위한 변조 데이터를 산출하고, 공간 변조 소자의 변조 제어를 행하도록 한 경우의 예로 설명하였으나, 본 발명에서는, 피가공물을 데이터에 기초하여 형상 가공하는 장치이면, 가공 대상은 결함에는 한정되지 않는다.

[0129] 이와 같이, 가공 대상이 결함이 아닌 경우에는, 피가공면의 결함을 추출하는 화상 처리부를 가지지 않은 구성으로 해도 된다.

[0130] 또한, 상기의 제2 실시예의 설명에서는, 회전 기구(26)가, 장치 제어부(42)에 의해 회전 구동되는 경우의 예로 설명하였으나, 회전 기구(26)는, 기계적인 회전 스테이지 등으로 구성하여, 수동으로 회전 가능하도록 해도 된다. 이 경우, 회전 기구(26)와 장치 제어부(42)는 전기적으로 접속할 필요가 없다. 또한, 회전량 산출부(48)는, 회전 편차량을 검출하여, 표시부(30)에 편차량을 표시하도록 변경해도 된다. 단, 회전 편차량을 화상 처리부(44)로 검출할 필요가 없는 경우에는, 제어 유닛(23)에 대신하여, 제1 실시예의 제어 유닛(22)을 사용하는 구

성으로 해도 된다.

[0131] 또한, 상기 제2 실시예는, 예를 들면, 조사 광학계(8)의 도중에 줌 변배부를 설치하는 등 하여, 조사 광학계(8)의 배율이 촬상 광학계의 배율보다 높게 설정되고, 표시부(30)에 표시된 시야 내에 공간 변조 소자(6)에서 정해지는 직사각형의 조사 영역이 있는 경우에도 유효하다. 이 경우, 조사 광학계(8)의 배율이 높고, 공간 변조 소자(6)의 넓은 면적을 사용할 수 있으므로, 에너지 손실이 적고, 결함이 세로로 길거나 가로로 긴 형상에 맞추어 수정을 행할 수 있다.

[0132] 이상, 본 발명의 바람직한 실시예를 설명하였으나, 본 발명은 이들 실시예에 한정되지 않는다. 본 발명의 취지를 벗어나지 않는 범위에서, 구성의 부가, 생략, 치환, 및 그 외의 변경이 가능하다. 본 발명은 전술한 설명에 의해 한정되지 않고, 첨부한 클레임의 범위에 의해서만 한정된다.

도면의 간단한 설명

[0133] 도 1은 본 발명의 제1 실시예에 관한 레이저 가공 장치의 개략 구성을 나타내며, 광축을 포함하는 단면의 모식도이다.

[0134] 도 2a는 본 발명의 제1 실시예에 관한 레이저 가공 장치의 주요부의 외관을 나타낸 정면도이다.

[0135] 도 2b는 본 발명의 제1 실시예에 관한 레이저 가공 장치의 주요부의 외관을 나타낸 측면도이다.

[0136] 도 3은 본 발명의 제1 실시예에 관한 레이저 가공 장치의 공간 변조 소자의 광축을 포함하는 단면에 있어서의 단면도이다.

[0137] 도 4는 본 발명의 제1 실시예에 관한 레이저 가공 장치의 공간 변조 소자의 모식도이다.

[0138] 도 5a는 본 발명의 제1 실시예에 관한 레이저 가공 장치의 공간 소자 근방을 정면으로부터 본 모식도이다.

[0139] 도 5b는 본 발명의 제1 실시예에 관한 레이저 가공 장치의 공간 소자를 도 5a의 C 방향으로부터 본 모식도이다.

[0140] 도 6은 본 발명의 제1 실시예에 관한 레이저 가공 장치의 공간 변조 소자의 기준면과 입사면과의 위치 관계를 나타낸 사시도이다.

[0141] 도 7은 본 발명의 제1 실시예에 관한 레이저 가공 장치의 제어 유닛의 개략 구성을 나타낸 기능 블록도이다.

[0142] 도 8은 본 발명의 제2 실시예에 관한 레이저 가공 장치의 개략 구성을 나타내며, 광축을 포함하는 단면에 있어서의 모식도이다.

[0143] 도 9a는 본 발명의 제2 실시예에 관한 레이저 가공 장치의 주요부의 외관을 나타내는 정면도이다.

[0144] 도 9b는 본 발명의 제2 실시예에 관한 레이저 가공 장치의 주요부의 외관을 나타내는 상면도이다.

[0145] 도 10은 본 발명의 제2 실시예에 관한 레이저 가공 장치의 제어 유닛의 개략 구성을 나타내는 기능 블록도이다.

[0146] 도 11a는 본 발명의 제2 실시예에 관한 레이저 가공 장치의 동작에 대하여 설명하는 도면이다.

[0147] 도 11b는 본 발명의 제2 실시예에 관한 레이저 가공 장치의 동작에 대하여 설명하는 도면이다.

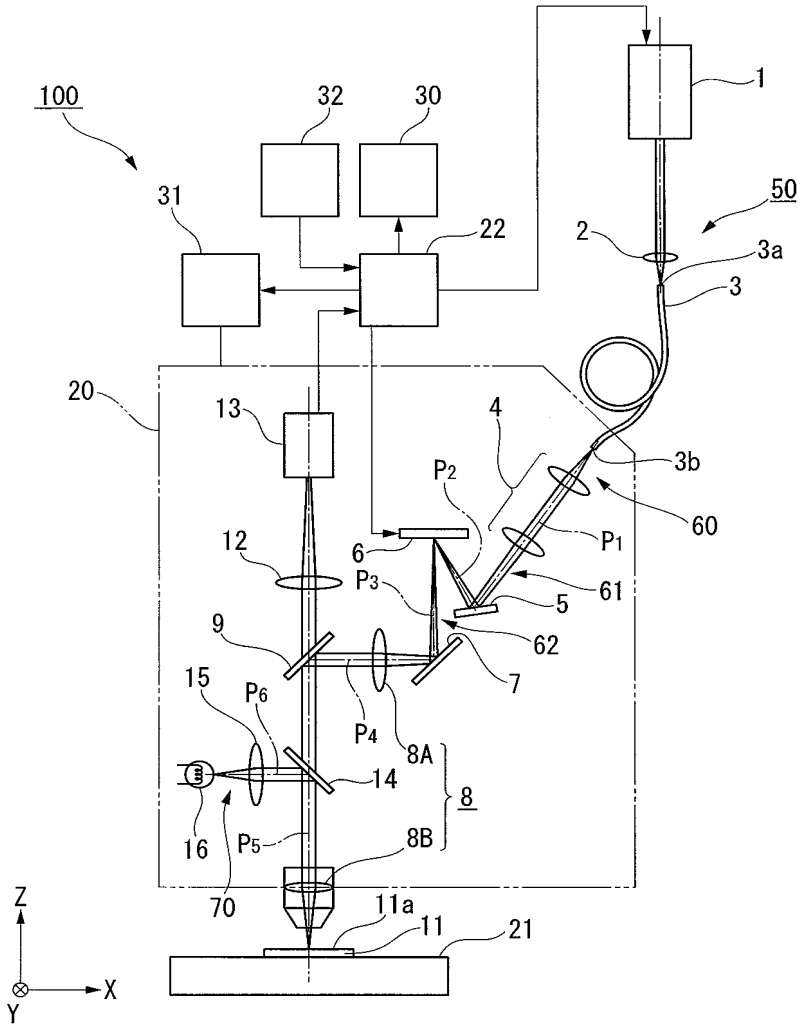
[0148] 도 12는 레이저 가공 장치의 주요부의 구성의 일례를 나타내는 사시도이다.

[0149] 도 13a는 도 12의 A 방향으로부터 본 정면도이다.

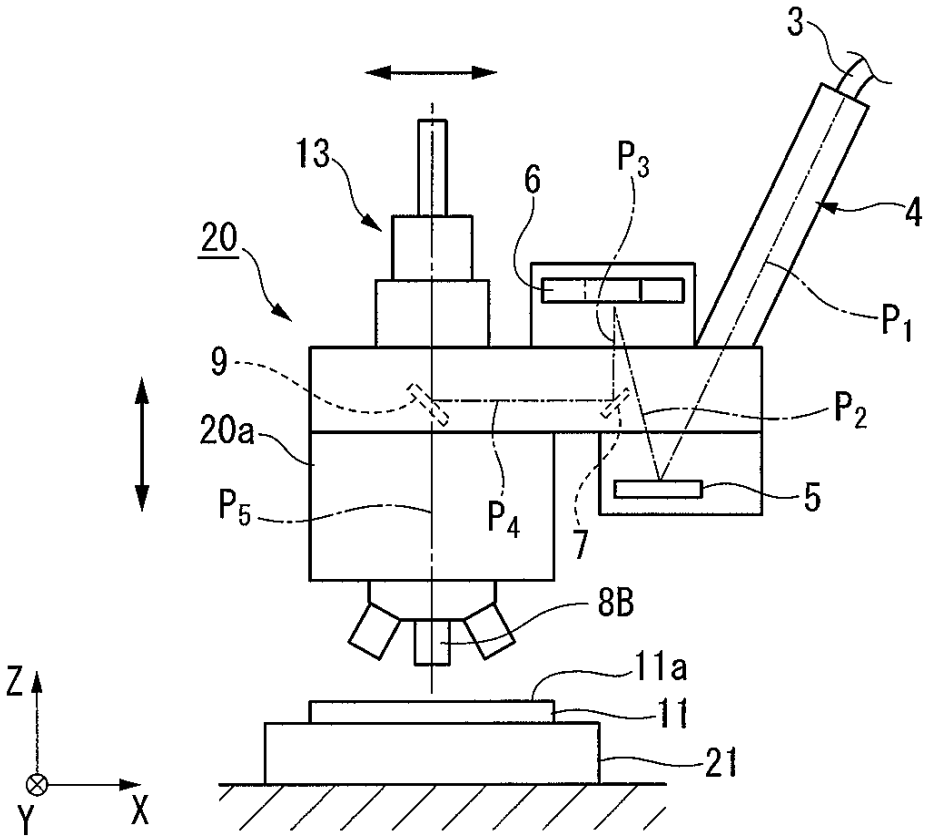
[0150] 도 13b는 도 12의 B 방향으로부터 본 측면도이다.

도면

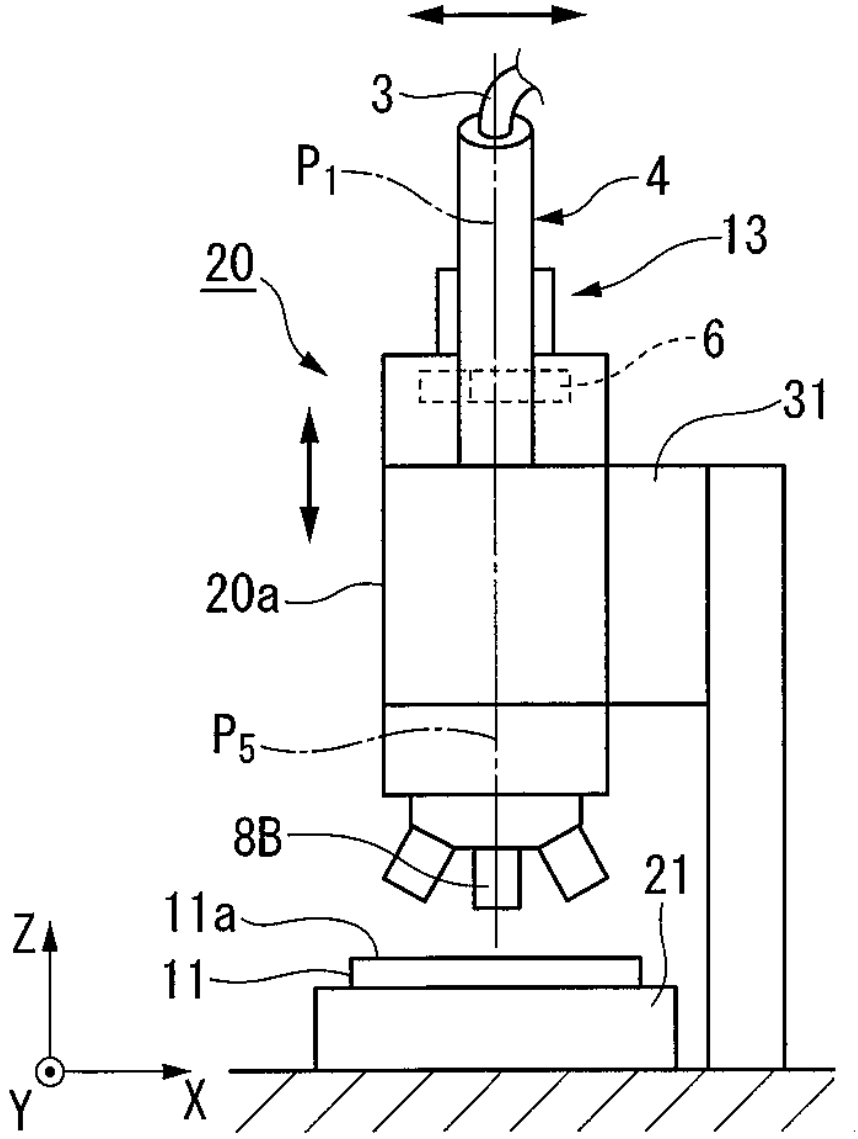
도면1


100
32
30
1
31
22
50
2
3a
3
20
13
4
3b
P2
60
12
6
P1
P3
61
5
9
62
7
15
P6
P4
8A
14
8
16
P5
8B
70
11a
11
21
Z
X
Y

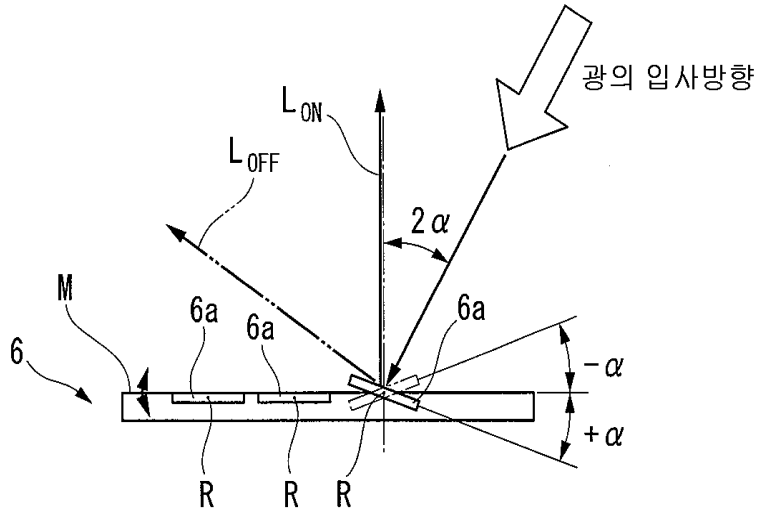
도면2a



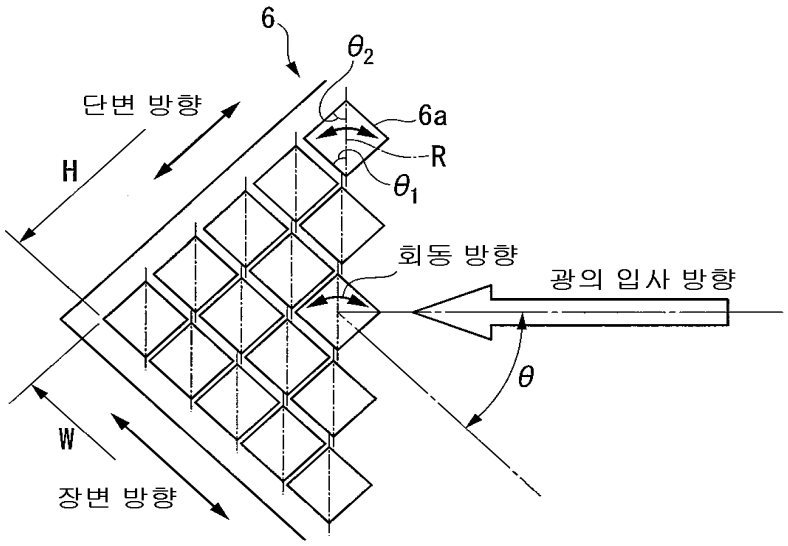
도면2b



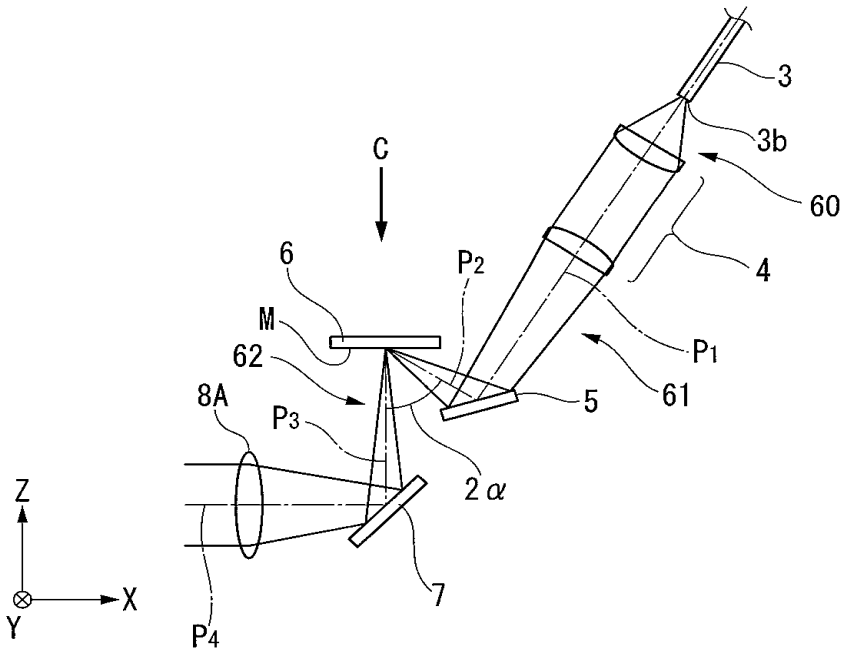
도면3


광의 입사방향
L ON
L OFF
2 α
M
6
6a
6a
6a
- α
+ α
R
R
R

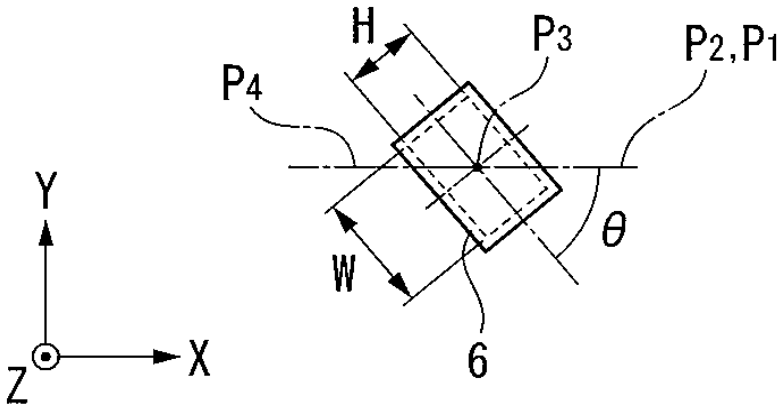
도면4


6
θ2
단변 방향
H
6a
R
θ1
회동 방향
광의 입사 방향
θ
W
장변 방향

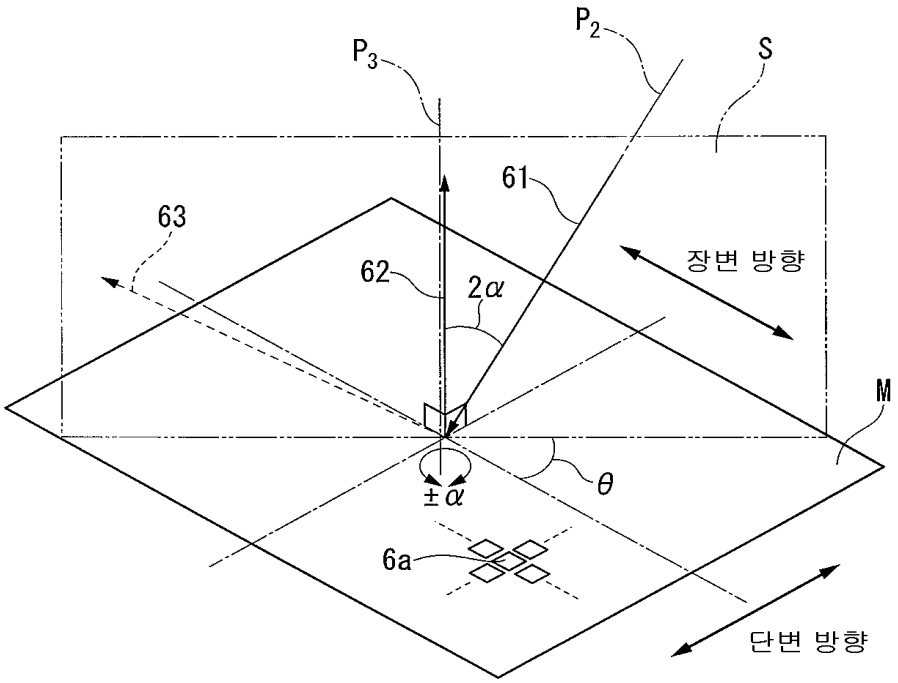
도면5a



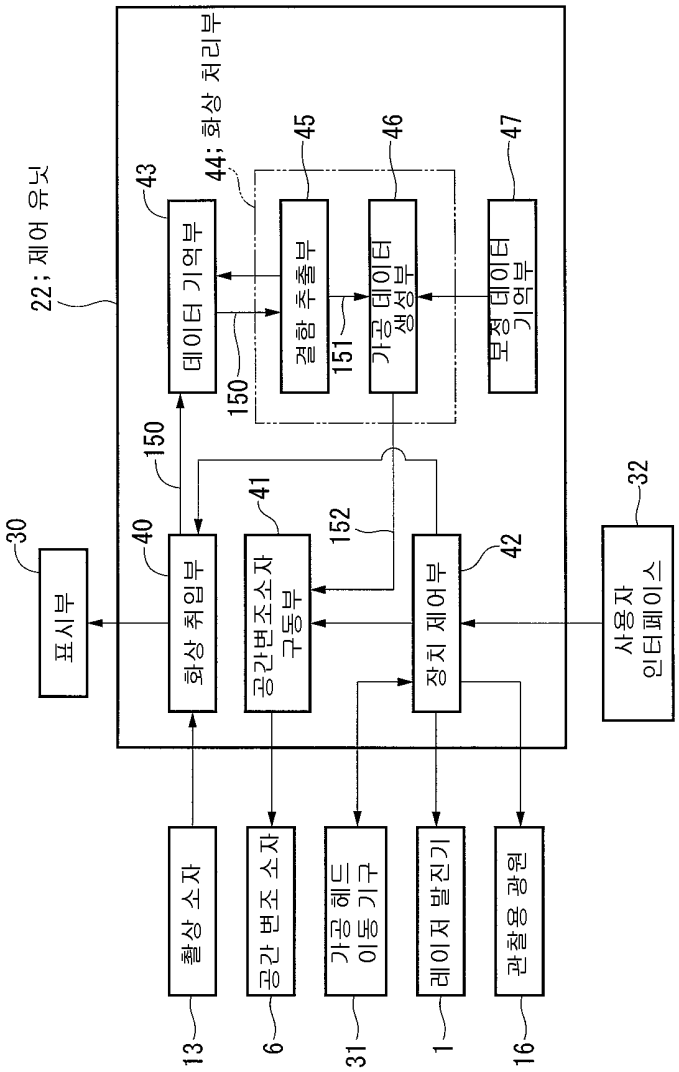
도면5b



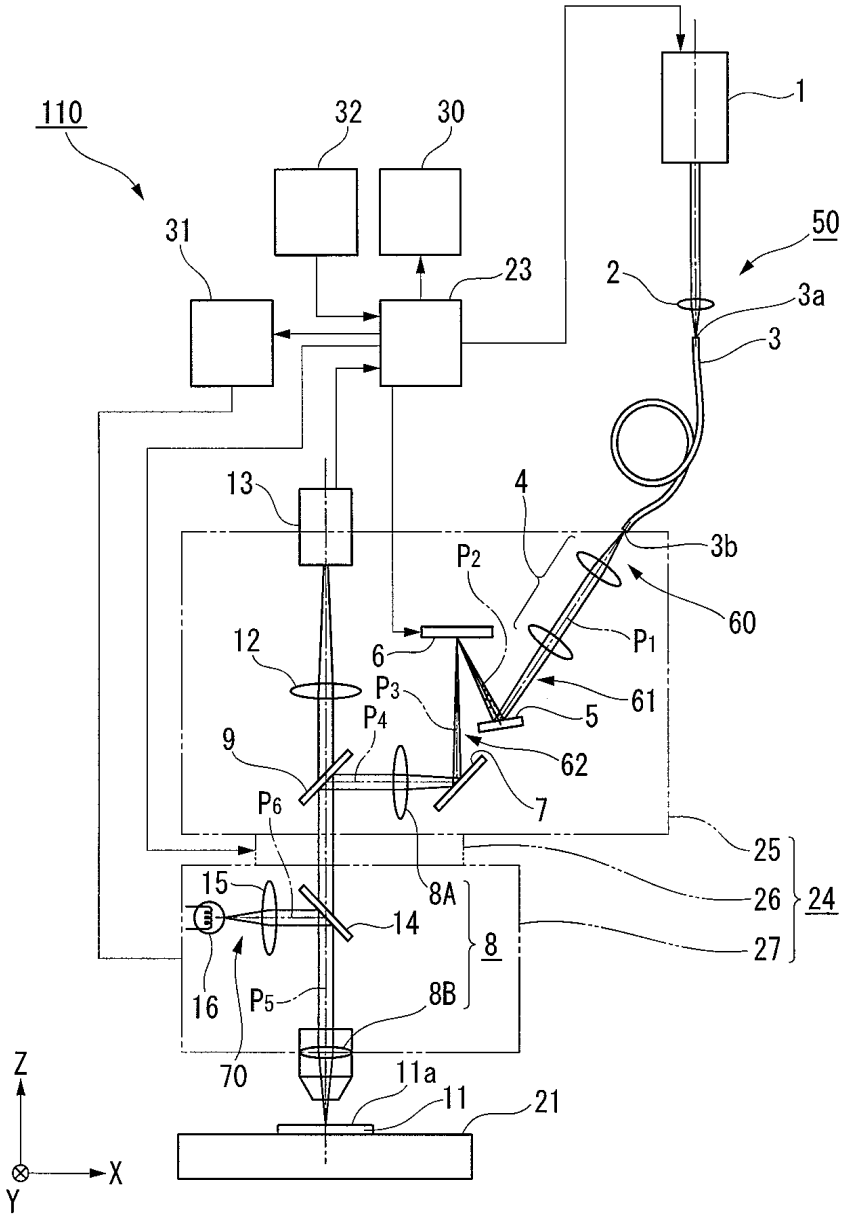
도면6



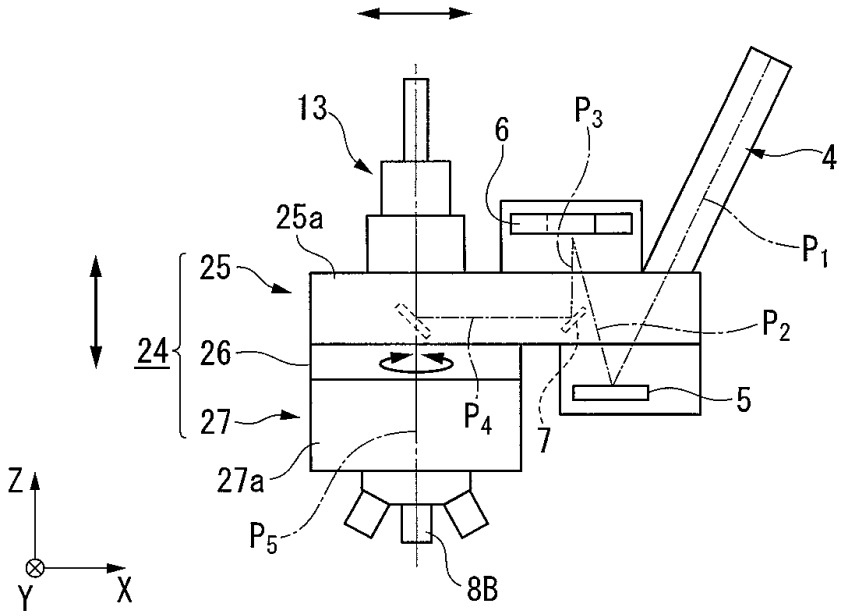
도면7


22; 제어 유닛
44; 화상 처리부
43
45
46
47
데이터 기억부
결함 추출부
가공 데이터 생성부
보정 데이터 기억부
150
151
150
41
152
42
30
40
32
표시부
화상 취입부
공간변조소자 구동부
장치 제어부
사용자 인터페이스
촬상 소자
공간 변조 소자
가공 헤드 이동 기구
레이저 발진기
관찰용 광원
13
6
31
1
16

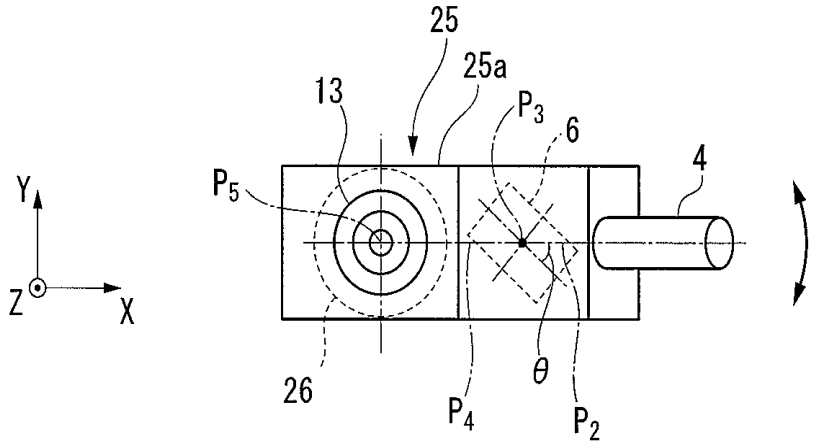
도면8


110
32
30
1
31
50
23
2
3a
3
13
4
3b
P2
60
12
6
P1
P3
61
5
P4
9
62
7
P6
25
15
8A
26
24
14
8
27
16
P5
8B
70
11a
11
21
Z
X
Y

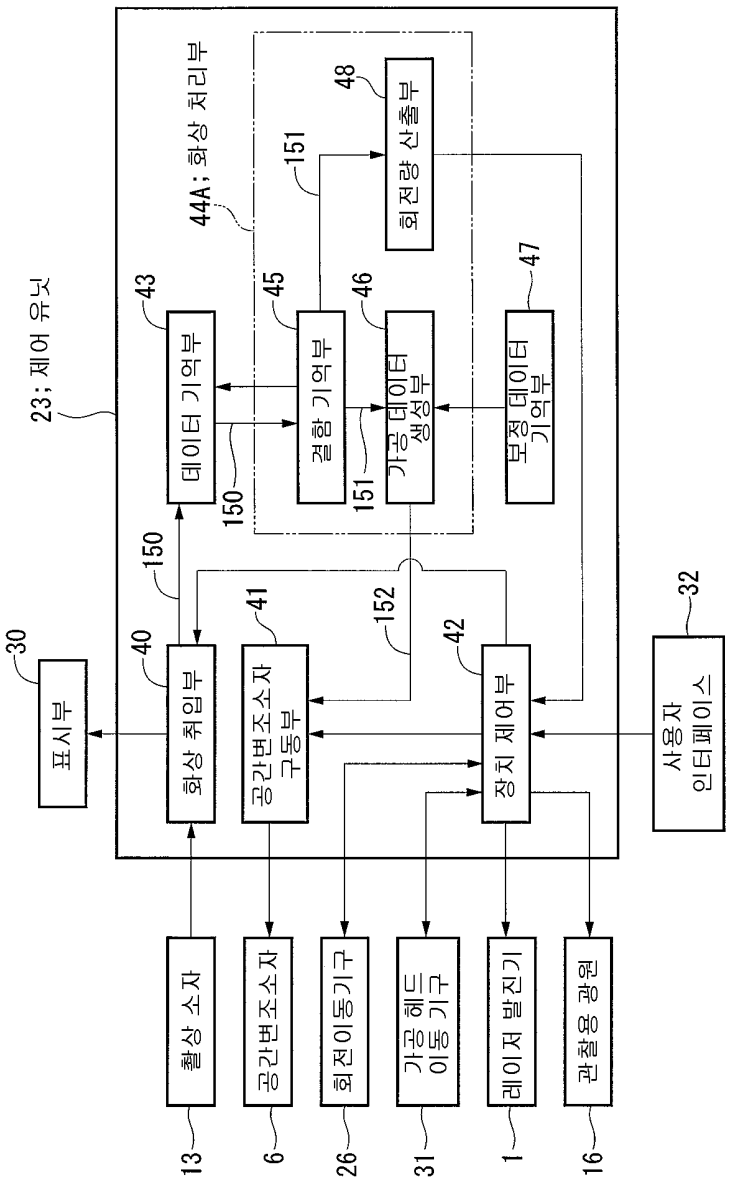
도면9a


13
6
P3
4
25a
P1
25
24
26
P2
27
P4
7
5
27a
P5
8B
Z
Y
X

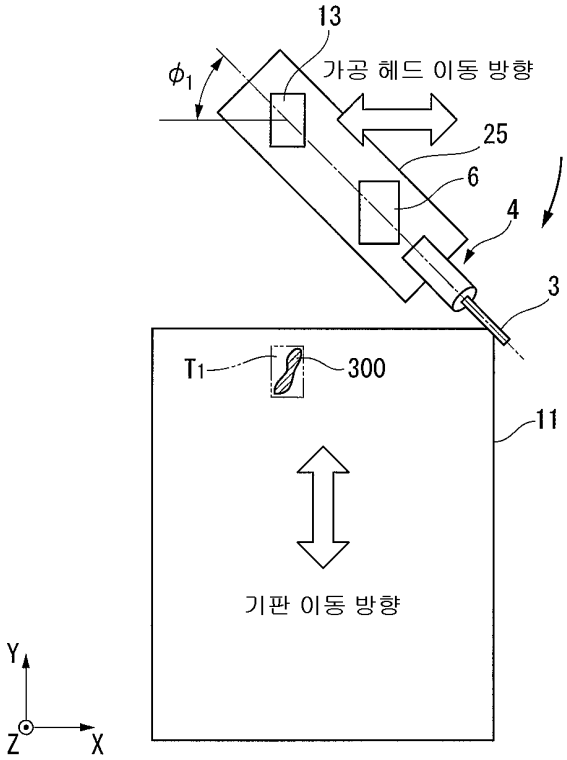
도면9b


25
25a
13
P3
6
4
P5
Y
Z
X
26
P4
θ
P2

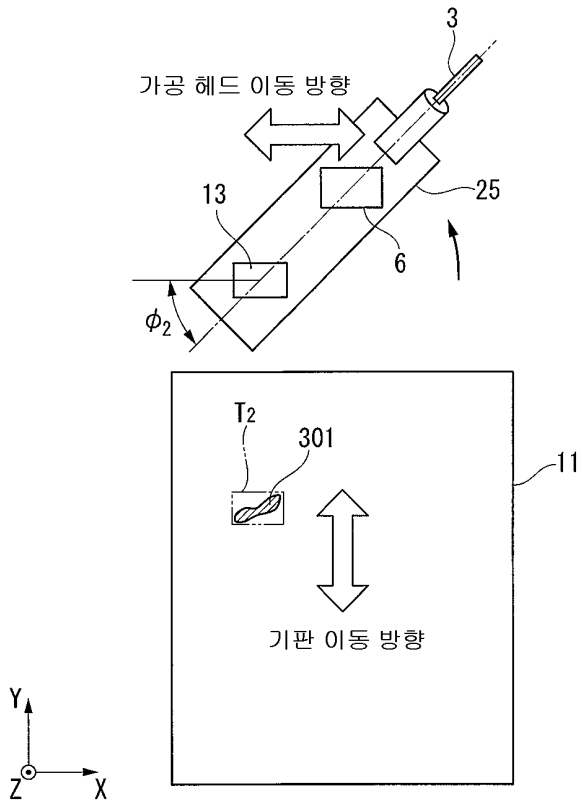
도면10


23; 제어 유닛
44A; 화상 처리부
43
데이터 기억부
45
결함 기억부
46
가공 데이터 생성부
47
보정 데이터 기억부
48
회전량 산출부
150
151
150
151
152
30
표시부
40
화상 취입부
41
공간변조소자 구동부
42
장치 제어부
32
사용자 인터페이스
13
촬상 소자
6
공간변조소자
26
회전이동기구
31
가공 헤드 이동 기구
1
레이저 발진기
16
관찰용 광원

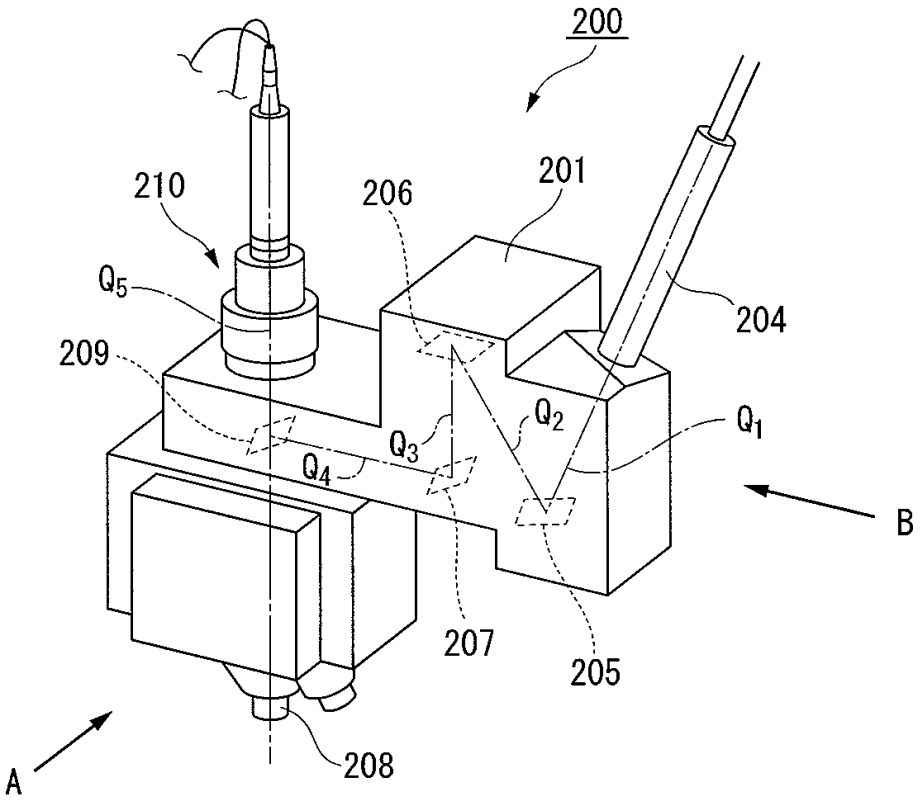
도면11a



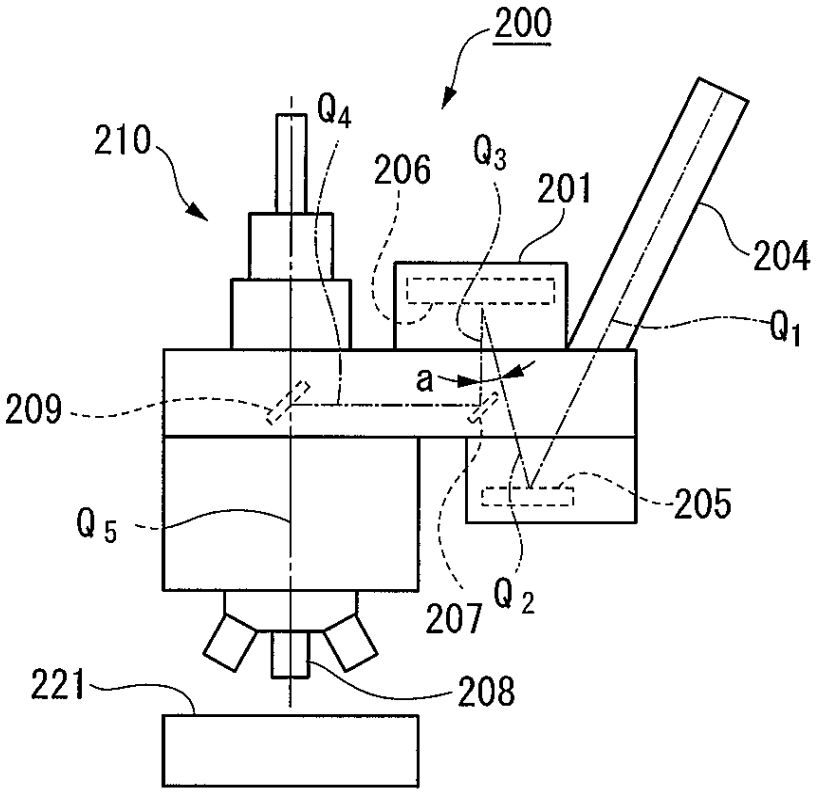
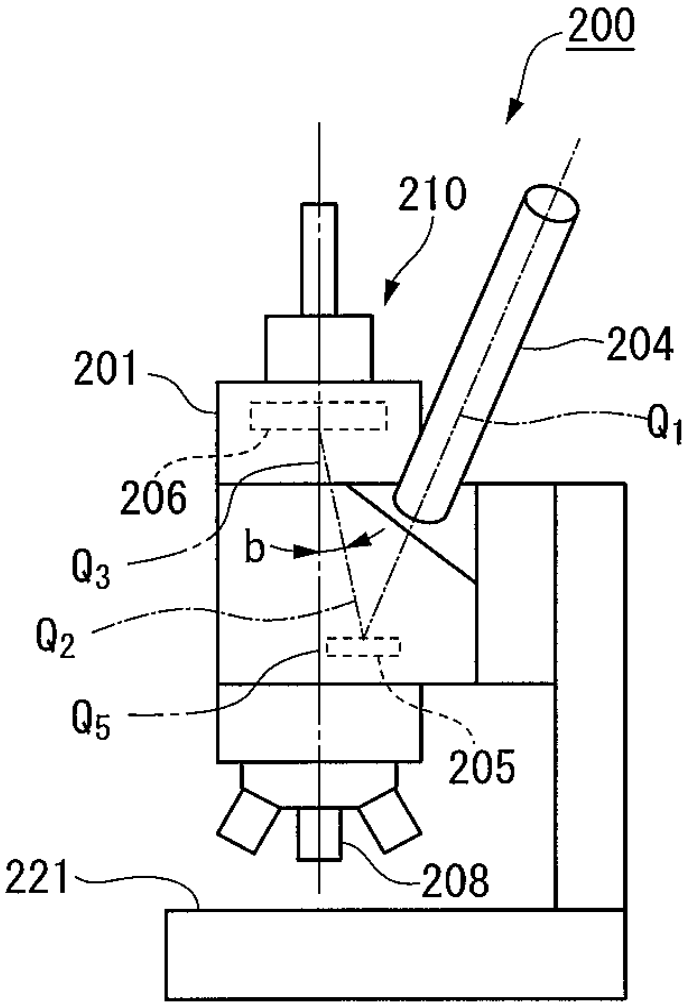
도면11b



도면12



도면13a



도면13b