(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2012-0049140
(43) 공개일자 2012년05월16일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B23K 26/06 (2006.01) *B23K 26/04* (2006.01)
(21) 출원번호 10-2011-0113799
(22) 출원일자 2011년11월03일
심사청구일자 없음
(30) 우선권주장
JP-P-2010-247578 2010년11월04일 일본(JP)

(71) 출원인
올림푸스 가부시키가이샤
일본국 도쿄도 시부야쿠 하타가야 2쵸메 43반 2고
(72) 발명자
야베 마사또
일본 도꾜도 시부야꾸 하따가야 2쪼메 43-2 올림푸스 가부시키가이샤 내
(74) 대리인
장수길, 이중희

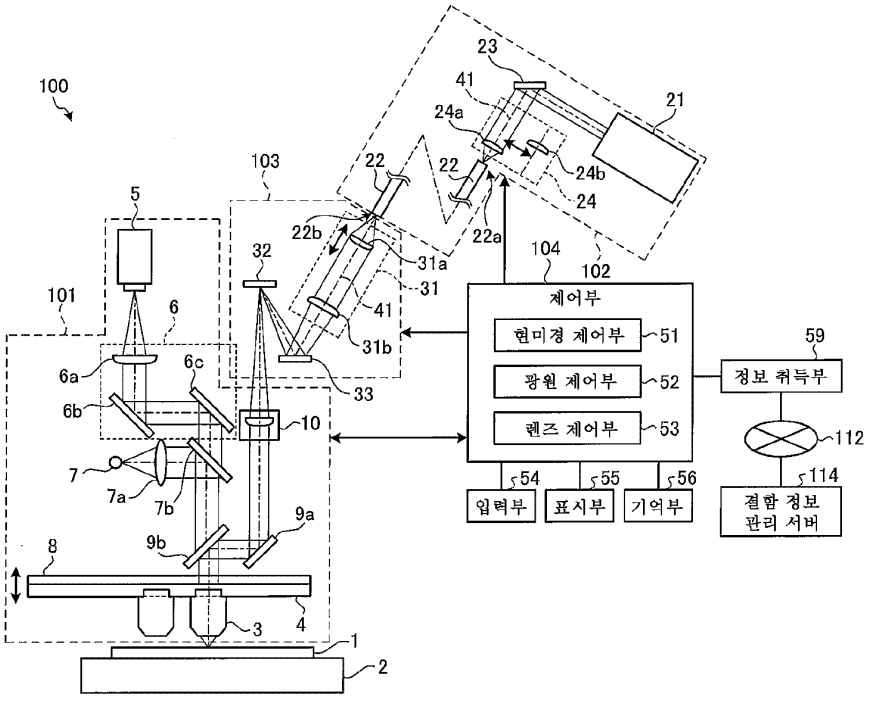
전체 청구항 수 : 총 7 항

(54) 발명의 명칭 **레이저 가공 장치**

(57) 요 약

광 도파로나 공간광 변조 소자의 손상 및 대물 렌즈의 동공에서의 광 손실을 회피하면서, 효율적으로 가공면에 레이저광을 전달할 수 있는 레이저 가공 장치를 제공하는 것이다. 본 발명에 따른 레이저 가공 장치(100)에서, 제어부(104)는, 기억부(56)가 기억하는 조건표 중, 실행해야 할 가공 공정 또는 가공 대상물의 종별에 대응하는 조건표에 따라서, 공간광 변조 소자(32)로부터 조사된 레이저광을 가공면에 투사하는 대물 렌즈(3)를 절환하고, 레이저 광원(21)과 광 파이버(22) 사이에 설치되는 결합 렌즈를 결합 렌즈(24a, 24b) 중 어느 하나로 절환시킴으로써, 광 파이버(22)로부터 출사되는 레이저광의 NA를 대물 렌즈(3)에 맞추어 변경시킨다.

대 표 도



특허청구의 범위

청구항 1

복수 파장의 레이저광을 사용하여 대상물의 가공을 행하는 레이저 가공 장치에 있어서,

복수 파장의 레이저광을 출사 가능한 광원과,

상기 광원을 대략 면광원으로 변환하여 제2 광원으로 하는 광원 변환 수단과,

상기 대상물의 가공면 및 상기 제2 광원과 공액(共役)한 위치에 배치된 공간광 변조 소자와,

상기 공간광 변조 소자로부터 조사된 레이저광을 상기 가공면에 투사하는 대물 렌즈와,

상기 제2 광원으로부터 조사되는 레이저광의 NA를 변경하는 NA 변경 수단과,

각 가공 공정 또는 가공 대상물의 각 종별에 각각 대응하는 상기 대물 렌즈의 종별과, 상기 대물 렌즈의 종별에 따라서 각각 설정된 복수의 상기 레이저광의 NA 변경 조건을 기억하는 기억 수단과,

상기 기억 수단이 기억하는 대물 렌즈의 종별 중, 실행해야 할 상기 가공 공정 또는 가공 대상물의 종별에 대응하는 대물 렌즈를 선택함과 함께, 상기 기억 수단이 기억하는 상기 복수의 레이저광의 NA 변경 조건 중, 상기 실행해야 할 가공 공정 또는 가공 대상물의 종별에 대응하는 상기 레이저광의 NA 변경 조건에 따라서 상기 NA 변경 수단에 의한 레이저광의 NA의 변경을 제어하는 제어 수단

을 구비한 것을 특징으로 하는 레이저 가공 장치.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 광원 변환 수단은, 상기 레이저광을 결합 가능한 복수의 결합 렌즈와, 도파로를 갖고,

상기 NA 변경 수단은, 광로 상에 배치하는 상기 결합 렌즈를 절환하는 것을 특징으로 하는 레이저 가공 장치.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 광 도파로로부터 출력된 레이저광을 상기 공간광 변조 소자에 투영하는 투영 렌즈를 갖고, 상기 투영 렌즈의 위치를 변경하여 상기 레이저광의 색수차를 보정하는 색수차 보정 수단을 더 구비하고,

상기 기억 수단은, 각 가공 공정 또는 각 가공 대상물의 종별에 각각 대응하는 상기 레이저광의 파장 및 상기 투영 렌즈의 위치를 기억하고,

상기 제어 수단은, 상기 기억 수단이 기억하는 파장 중 상기 실행해야 할 가공 공정 또는 가공 대상물의 종별에 대응하는 파장의 레이저광을 상기 광원에 출사시키고, 상기 색수차 보정 수단에, 상기 투영 렌즈의 위치를, 상기 기억 수단이 기억하는 상기 투영 렌즈의 위치 중 상기 실행해야 할 가공 공정 또는 가공 대상물의 종별에 대응하는 위치로 변경시키는 것을 특징으로 하는 레이저 가공 장치.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 기억 수단은, 각 가공 공정 또는 가공 대상물의 각 종별에 각각 대응하는 상기 대물 렌즈의 종별을 기억함과 함께, 상기 가공 공정 또는 가공 대상물의 종별마다 상기 레이저광의 제1 파장 및 상기 제1 파장과 상이한 제2 파장 중 어느 것이 대응하는지를 기억하고,

상기 광원 변환 수단은,

상기 광원으로부터 출사된 상기 레이저광을 제1 파장의 레이저광과 제2 파장의 레이저광으로 나누어 출력하는 파장 분할 수단과,

상기 제1 파장의 레이저광을 전파하는 제1 광 도파로와,

상기 제2 파장의 레이저광을 전파하는 제2 광 도파로

를 구비하고,

상기 NA 변경 수단은,

상기 제1 파장이 사용되는 가공 공정 또는 가공 대상물의 종별에 따른 초점 거리에서, 상기 제1 파장의 레이저광을 결합하는 제1 결합 렌즈와,

상기 제2 파장이 사용되는 가공 공정 또는 가공 대상물의 종별에 따른 초점 거리에서, 상기 제2 파장의 레이저광을 결합하는 제2 결합 렌즈와,

상기 제1 광 도파로와 상기 공간광 변조 소자 사이에 설치된 제1 셔터와,

상기 제2 광 도파로와 상기 공간광 변조 소자 사이에 설치된 제2 셔터

를 구비하고,

상기 제어 수단은, 상기 기억 수단이 기억하는 레이저광의 파장 중 상기 실행해야 할 가공 공정 및 가공 대상물의 종별에 대응하는 파장의 레이저광이 상기 공간광 변조 소자에 출력되도록, 상기 제1 셔터 및 상기 제2 셔터의 개폐를 제어하는 것을 특징으로 하는 레이저 가공 장치.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 제어 수단은, 상기 기억 수단이 기억하는 상기 대물 렌즈의 종별 및 상기 복수의 레이저광의 NA 변경 조건 중, 외부 장치로부터 송신된 지시 정보가 실행을 지시하는 상기 가공 공정 및 가공 대상물의 종별에 대응하는 대물 렌즈를 선택함과 함께, 상기 지시 정보가 실행을 지시하는 상기 가공 공정 또는 가공 대상물의 종별에 대응하는 상기 레이저광의 NA 변경 조건에 따라서 상기 NA 변경 수단에 의한 레이저광의 NA의 변경을 제어하는 것을 특징으로 하는 레이저 가공 장치.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 실행해야 할 가공 공정 및 가공 대상물의 종별을 지시하는 지시 정보를 접수하여 상기 제어 수단에 입력하는 입력 수단을 더 구비하고,

상기 제어 수단은, 상기 기억 수단이 기억하는 상기 대물 렌즈의 종별 및 상기 복수의 레이저광의 NA 변경 조건 중, 상기 입력 수단으로부터 입력된 지시 정보가 지시하는 상기 가공 공정 및 가공 대상물의 종별에 대응하는 대물 렌즈를 선택함과 함께, 상기 지시 정보가 지시하는 상기 가공 공정 또는 가공 대상물의 종별에 대응하는 상기 레이저광의 NA 변경 조건에 따라서 상기 NA 변경 수단에 의한 레이저광의 NA의 변경을 제어하는 것을 특징으로 하는 레이저 가공 장치.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 광원 변환 수단은, 빔 익스팬더와 플라이 아이 렌즈를 갖고,

상기 NA 변경 수단은, 상기 빔 익스팬더의 배율을 변화시키는 것을 특징으로 하는 레이저 가공 장치.

명 세 서

기 술 분 야

[0001] 본 발명은, 복수 파장의 레이저광을 사용한 대상물의 가공을 행하는 레이저 가공 장치에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 종래, 액정 디스플레이나 PDP(Plasma Display Panel)나 유기 EL(Electro Luminescence) 디스플레이나 표면 전동형 전자 방출 소자 디스플레이 등의 FPD(Flat Panel Display) 기판, 반도체 웨이퍼, 프린트 기판 등, 각종 기판의 제조에서는, 그 수율을 향상시키기 위해서, 각 패터닝 프로세스 후, 결함 검사 장치에 의해, 전극 및 배선의 단락, 접속 불량, 단선, 패턴 불량 및 기판 표면에 부착된 파티클이나 레지스트 등의 이물 등인 결함이 존재하는지의 여부가 검사된다. 그리고, 결함 검사 장치에 의해 결함이 존재하는 것이 확인된 경우, 레이저 가공 장치에 의한 레이저광을 이용한 가공 처리에 의해 결함이 수정된다.

[0003] 이 레이저 가공 장치로서, 가공면과 공액한 위치에 DMD(등록 상표) 등의 공간광 변조 소자를 배치하고, 이 DMD에 의해 형성한 패턴을 가공면에 레이저 조사함으로써, 가공면에 임의의 패턴 형상을 고속으로 가공하는 구성이 제안되어 있다(예를 들면, 특허 문헌 1 참조).

선행기술문헌

특허문헌

[0004] (특허문헌 0001) 특허 문헌 1 : 일본 특개 2007-29983호 공보

발명의 내용

해결하려는 과제

[0005] 이 레이저 가공 장치에서는, 가공 공정이나 가공 대상의 종별에 따라서 가공에 적합한 레이저 파장을 구분하여 사용하고 있다. 예를 들면 가공 대상이 FPD 기판인 경우, 레지스트막의 가공에는 파장이 266㎚나 355㎚의 레이저광이 이용되고, 금속 배선의 가공에는 파장이 532㎚나 1064㎚의 레이저광이 이용된다. 그리고, 레이저 가공 장치에서는, 가공 공정이나 가공 대상의 종별에 대응시켜, 레이저광의 파장뿐만 아니라, 레이저광의 에너지 밀도도 조정하고 있다. 예를 들면, 금속 배선을 가공하는 경우에는, 레지스트막을 가공하는 경우와 비교하여 약 10~20배 정도의 높은 에너지 밀도를 필요로 한다. 이 때문에, 에너지 밀도가 부족 기미의 경우에는, 고배율의 가공용 대물 렌즈를 이용하여, 가공면에 레이저 조사하는 면적을 축소하고, 에너지 밀도를 높인다.

[0006] 여기서, 이 레이저 가공 장치는, 가공용의 대물 렌즈로부터 결상 렌즈까지의 사이를 평행광이 투과하는 구성이기 때문에, 대물 렌즈가 고배율로 되어 동공 직경이 작아지면, 대물 렌즈의 동공에서 레이저광이 감광되어, 광 손실이 생기게 된다. 이 때문에, 레이저 가공 장치에서는, 고배율의 대물 렌즈가 선택된 경우에는, 레이저 광원으로부터 출사되는 레이저의 강도를 높여, 대물 렌즈에서의 광 손실을 보충하고 있다.

[0007] 그러나, 이와 같이 레이저 광원으로부터 출사되는 레이저광의 강도를 높인 경우, 레이저 광원으로부터 결상 렌즈까지 배치된 광 파이버나 공간광 변조 소자가, 강도가 높은 레이저광에 견딜 수 없어 손상되는 경우가 있었다. 이 때문에, 광 파이버 등의 광 도파로나 공간광 변조 소자의 손상 및 대물 렌즈의 동공에서의 광 손실을 회피하면서, 기판 가공면에 효율적으로 레이저광을 전달할 수 있는 레이저 가공 장치가 요구되고 있었다.

[0008] 본 발명은, 상기를 감안하여 이루어진 것으로서, 광 도파로나 공간광 변조 소자의 손상 및 대물 렌즈의 동공에서의 광 손실을 회피하면서, 효율적으로 가공면에 레이저광을 전달할 수 있는 레이저 가공 장치를 제공하는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

[0009] 전술한 과제를 해결하고, 목적을 달성하기 위해서, 본 발명에 따른 레이저 가공 장치는, 복수 파장의 레이저광을 사용하여 대상물의 가공을 행하는 레이저 가공 장치로서, 복수 파장의 레이저광을 출사 가능한 광원과, 상기 광원을 대략 면광원으로 변환하여 제2 광원으로 하는 광원 변환 수단과, 상기 대상물의 가공면 및 상기 제2 광원과 공액한 위치에 배치된 공간광 변조 소자와, 상기 공간광 변조 소자로부터 조사된 레이저광을 상기 가공면에 투사하는 대물 렌즈와, 상기 제2 광원으로부터 조사되는 레이저광의 NA를 변경하는 NA 변경 수단과, 각 가공 공정 또는 가공 대상물의 각 종별에 각각 대응하는 상기 대물 렌즈의 종별과, 상기 대물 렌즈의 종별에 따라서 각각 설정된 복수의 상기 레이저광의 NA 변경 조건을 기억하는 기억 수단과, 상기 기억 수단이 기억하는 대물 렌즈의 종별 중, 실행해야 할 상기 가공 공정 또는 가공 대상물의 종별에 대응하는 대물 렌즈를 선택함과 함께, 상기 기억 수단이 기억하는 상기 복수의 레이저광의 NA 변경 조건 중, 상기 실행해야 할 가공 공정 또는 가공

대상물의 종별에 대응하는 상기 레이저광의 NA 변경 조건에 따라서 상기 NA 변경 수단에 의한 레이저광의 NA의 변경을 제어하는 제어 수단을 구비한 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

[0010] 본 발명에 따른 레이저 가공 장치는, 기억부에 기억된 대물 렌즈의 종별과 대물 렌즈의 종별에 따라서 각각 설정된 복수의 레이저광의 NA 변경 조건을 참조하여, 실행해야 할 가공 공정 또는 가공 대상물의 종별에 대응시켜 대물 렌즈의 종별을 변경함과 함께, 공간광 변조 소자에 투영하는 레이저광의 NA를 대물 렌즈의 종별에 따른 NA로 변경함으로써, 레이저광의 강도를 대폭 올리지 않아도 대물 렌즈의 동공에서의 광 손실을 회피하고, 파이버나 공간광 변조 소자의 손상을 회피하면서, 효율적으로 가공면에 레이저광을 전달할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0011] 도 1은 실시 형태 1에 나타내는 레이저 가공 장치(100)의 개략 구성을 도시하는 블록도.

도 2는 도 1에 도시하는 레이저 조사부를 설명하기 위한 도면.

도 3은 도 1에 도시하는 투영 렌즈부를 설명하기 위한 도면.

도 4는 도 1에 도시하는 기억부가 기억하는 조건표의 일례를 도시하는 도면.

도 5는 도 1에 도시하는 레이저 가공 장치(100)에서의 레이저 가공 처리의 처리 수순을 설명하는 플로우차트.

도 6은 도 1에 도시하는 대물 렌즈의 일례를 설명하는 도면.

도 7은 도 1에 도시하는 대물 렌즈의 다른 예를 설명하는 도면.

도 8은 도 1에 도시하는 표시부에 표시되는 메뉴의 일례를 도시하는 도면.

도 9는 도 1에 도시하는 표시부에 표시되는 메뉴의 일례를 도시하는 도면.

도 10은 도 1에 도시하는 표시부에 표시되는 메뉴의 일례를 도시하는 도면.

도 11은 도 1에 도시하는 레이저광 조사부의 다른 예를 도시하는 도면.

도 12는 실시 형태 1에 따른 결함 수정 장치를 갖는 결함 수정 시스템의 개략 구성을 도시하는 블록도.

도 13은 실시 형태 2에 따른 레이저 가공 장치의 개략 구성을 도시하는 블록도.

도 14는 도 13에 도시하는 레이저 조사부를 설명하는 도면.

도 15는 도 13에 도시하는 투영 렌즈부를 설명하기 위한 도면.

도 16은 도 13에 도시하는 기억부가 기억하는 조건표의 일례를 도시하는 도면.

도 17은 도 13에 도시하는 레이저 가공 장치(200)에서의 레이저 가공 처리의 처리 수순을 설명하는 플로우차트.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0012] 이하에, 본 발명에 따른 실시 형태로서, 예를 들면, 글래스 기판, 반도체 웨이퍼 등의 기판의 패턴 불량이나 결함을 수정하는 레이저 가공 장치를 예로서 설명한다. 또한, 이 실시 형태에 의해 본 발명이 한정되는 것은 아니다. 또한, 도면의 기재에서, 동일 부분에는 동일한 부호를 붙이고 있다.

[0013] (실시 형태 1)

[0014] 실시 형태 1에 대하여 설명한다. 실시 형태 1에 따른 레이저 가공 장치는, 기억부에 기억된 대물 렌즈의 종별과 NA 변경 조건을 참조하여, 지시된 가공 공정 또는 가공 대상물의 종별에 대응시켜 대물 렌즈의 종별을 변경함과 함께, 공간광 변조 소자에 투영하는 레이저광의 NA를 변경하고 있다. 도 1은 실시 형태 1에 따른 레이저 가공 장치의 개략 구성을 도시하는 블록도이다.

[0015] 도 1에 도시한 바와 같이, 실시 형태 1에 따른 레이저 가공 장치(100)는, 가공 수정 대상의 기판(1)을 재치하는 스테이지(2)와, 대물 렌즈(3)를 갖고, 스테이지(2) 상에 재치된 기판(1)을 상방으로부터 관찰하는 현미경부(101)와, 기판(1)에 조사하는 결함 수복 가공용의 레이저광을 출력하는 레이저 조사부(102)와, 레이저 조사부(102)로부터의 레이저광의 광속 단면 형상(이하, 레이저 단면 형상이라고 함)을 원하는 형상으로 정형하여 출력

하는 중간 경통부(103)와, 각종 프로그램 및 파라미터를 실행하여 레이저 가공 장치(100)의 각 구성 요소를 제어하는 제어부(104)와, 레이저 가공 장치(100)에 대한 각종 조작이나 설정을 지시하는 지시 정보가 입력되는 입력부(54)와, 현미경부(101)에서 취득된 화상이나 각종 정보를 표시하는 표시부(55)와, 각종 프로그램 및 배선, 전극의 각종 표본 패턴 화상을 기억하는 기억부(56)와, 실행해야 할 가공 공정, 및, 처리 기판의 가공 대상인 결함의 종별이나 위치를 지시하는 가공 정보를 취득하는 정보 취득부(59)를 구비한다. 현미경부(101), 레이저 조사부(102), 중간 경통부(103), 입력부(54), 표시부(55), 기억부(56) 및 정보 취득부(59)는, 제어부(104)에 접속하고, 제어부(104)의 제어에 의해 동작한다. 레이저 가공 장치(100)는, 가공 정보에 따라서 가공 대상의 결함 등을 촬상하고, 촬상한 결함 화상과 소정의 표본 패턴 화상의 매칭에 의해, 결함의 추출과, 전극 패턴 또는 배선 패턴을 레이저 가공 영역으로부터 제외하기 위해서 레이저광의 비조사 영역을 설정하는 마스크 설정을 행하고 나서, 레이저광을 조사함으로써 기판 상의 결함을 수정 가공한다. 결함에는, 전극 및 배선의 단락, 접속 불량, 단선, 패턴 불량 및 기판 표면에 부착된 파티클이나 레지스트 등의 이물이 포함된다.

[0016] 수정 가공 대상인 기판(1)은, 예를 들면 FPD용의 글래스 기판이나 반도체 기판이나 프린트 기판 등이다. 스테이지(2)의 재치면에는, 복수의 구멍이 형성되어 있다. 이들 구멍에 도시하지 않은 펌프로부터 기체가 공급됨으로써 기판(1)을 부상시킨 상태로 할 수 있고, 이 상태에서, 도시하지 않은 고정 부재에 의해 기판(1)이 스테이지(2) 상에서 보유 지지된다. 또는, 이 복수의 구멍을, 도시하지 않은 버큠 펌프에 연결하고, 이 복수의 구멍으로부터의 흡기에 의해, 스테이지(2) 상에 재치된 기판(1)을 스테이지(2)에 대하여 흡착하여 고정하는 것도 가능하다. 또한, 상기한 바와 같은, 스테이지(2) 상에서 기판(1)을 보유 지지하는 보유 지지 수단으로서, 상기 이외에도 지지 핀이나 클램프 기구 등, 기계적인 수단을 이용하는 구성으로 해도 된다. 스테이지(2)는, 대물 렌즈(3)의 광축에 직교한 평면 내에서 자유자재로 이동되어, 대물 렌즈(3)에 대한 기판(1)의 그 평면 상에서의 위치를 변화시킨다.

[0017] 현미경부(101)는, 리볼버(4), 촬상부(5), 결상부(6), 조명계(7), 초준 기구(8), 미러(9a), 하프 미러(9b) 및 레이저광용의 결상 렌즈(10)를 갖고, 기판(1)의 일부를 확대한 화상을 취득하는 촬상부로서 기능한다.

[0018] 대물 렌즈(3)는, 스테이지(2)에 재치된 기판(1)의 상부에 위치하도록 리볼버(4)에 의해 보유 지지된다. 대물 렌즈(3)는, 리볼버(4)에 대하여 착탈 가능하게 부착되어 있고, 리볼버(4)의 회전 또는 슬라이드 동작에 따라서 스테이지(2) 상에 배치된다. 대물 렌즈(3)와 레이저광용의 결상 렌즈(10)는, 양측 텔레센트릭으로 되도록 배치된다.

[0019] 리볼버(4)는, 초준 기구(8)에 의해 승강 이동하는 것이 가능하고, 리볼버(4)를 승강시킴으로써, 대물 렌즈(3)의 기판(1)에 대한 초점 맞추기를 행하여, 초점 위치의 최적화를 행한다.

[0020] 촬상부(5)는, CCD 센서나 CMOS 센서 등의 촬상 소자를 포함한다. 결상부(6)는, 결상 렌즈(6a)와 미러(6b, 6c)에 의해 구성된다. 결상부(6)는, 대물 렌즈(3)와 협동하여, 기판(1)의 관찰상을 결상시킨다.

[0021] 조명계(7)로부터 출력된 조명광은, 렌즈(7a)에서 집광되고 나서 하프 미러(7b)에서 반사된 후, 기판(1)에 대한 관찰광축과 동축의 광으로서 대물 렌즈(3)를 통하여 기판(1)을 조명한다. 촬상부(5)의 시야 영역 내는, 조명계(7)로부터의 조명광에 의해 상방으로부터 대략 균일하게 조명된다.

[0022] 조명된 기판(1)의 상은, 관찰광축을 따라서 배치된 대물 렌즈(3), 하프 미러(9b), 하프 미러(7b), 미러(6b), 미러(6c) 및 결상 렌즈(6a)를 포함하는 관찰 광학계에 의해, 촬상부(5)의 수광면에, 예를 들면 수배~수십배로 확대되어 결상된다. 촬상부(5)에서 취득된 화상 데이터는, 제어부(104)에 출력되어, 각종 화상 처리가 실시된 후, 표시부(55)에 출력된다.

[0023] 레이저 조사부(102)는, 레이저 광원(21)과, 레이저 광원(21)으로부터 출사된 레이저광을 도광하는 광 파이버(22)와, 광 파이버(22)의 입사 단면(22a)과 레이저 광원(21) 사이에 설치되어 레이저광을 반사하는 미러(23)와, 미러(23)에 의해 반사된 레이저광을 광 파이버(22)의 입사 단면(22a)에 결합 가능한 결합 렌즈(24a, 24b)를 갖는 결합 렌즈부(24)를 갖는다.

[0024] 레이저 광원(21)은, 기판(1)에 조사되는 레이저광으로서, 복수 파장의 레이저광을 출사 가능하다. 레이저 광원(21)은, 예를 들면, YAG 레이저에 의해 구성되며, 266㎚, 355㎚, 532㎚ 및 1064㎚ 중 어느 하나의 파장의 레이저광을 출사한다.

[0025] 결합 렌즈부(24)는, 도시하지 않은 이동 기구에 의해 광축(41)에 대하여 수직 방향으로 각각 이동할 수 있는 결합 렌즈(24a, 24b)를 갖고, 광 파이버(22)의 입사 단면(22a)에 대향하는 위치에 결합 렌즈(24a, 24b) 중 어느 하나가 선택적으로 배치된다. 결합 렌즈(24a)가 배치되는 위치 Pa(도 2 참조) 및 결합 렌즈(24b)가 배치되는

위치 Pb(도 2 참조)는, 각각 상이하며, 결합 렌즈부(24)는, 광로 상에 배치하는 결합 렌즈를 결합 렌즈(24a, 24b) 중 어느 하나로 절환함으로써, 결합 렌즈부(24)에서의 초점 거리를 변화시키고 있다.

[0026] 레이저 조사부(102)의 레이저 광원(21)으로부터 출사된 레이저광은, 평행 빔광 상태 그대로 미러(23)에서 반사되어, 결합 렌즈부(24)에서의 결합 렌즈(24a, 24b) 중 어느 하나에 의해 수속되어, 광 파이버(22)의 입사 단면(22a)에 결합된 후, 광 파이버(22)의 출사 단면(22b)으로부터 출사된다. 일정한 면적을 가진 광 파이버(22)의 출사 단면(22b) 전체로부터 광이 출사되기 때문에, 광 파이버(22)의 출사 단면(22b)은 대략 면광원으로 간주할 수 있다. 광 파이버(22) 및 결합 렌즈부(24)는, 광원을 대략 면광원으로 변환하여 제2 광원으로 하는 광원 변환 수단으로서 기능한다.

[0027] 중간 경통부(103)는, 광 파이버(22)의 출사 단면(22b)으로부터 출사된 레이저광을 공간광 변조 소자(32)에 투영하는 투영 렌즈부(31), 레이저 광원(21)으로부터의 레이저광의 레이저 단면 형상을 원하는 형상으로 정형하는 공간광 변조 소자(32), 및, 도중 광로의 복귀에 사용하는 미러(33)를 갖고, 현미경부(101)의 촬상부(5)가 취득한 화상에 기초하여 기판(1)에 결함 수복 가공용으로 공간 변조한 레이저광을 조사하여 결함을 수정 가공한다.

[0028] 투영 렌즈부(31)는, 대략 면광원으로 간주되는 광 파이버(22)의 출사 단면(22b)으로부터의 출사광을, 일정한 투영 배율로 크기를 가진 상으로서 공간광 변조 소자(32)에 투영하기 위한 투영 렌즈(31a, 31b)를 구비한다. 투영 렌즈부(31)에서는, 투영 렌즈(31a, 31b)가 양측 텔레센트릭으로 되도록 배치된다. 투영 렌즈(31a)는, 도시하지 않은 이동 기구에 의해 광축(41)과 평행한 방향으로 이동 가능하다. 투영 렌즈(31a)는, 광 파이버(22)의 출사 단면(22b)측의 위치 P1(도 3 참조) 혹은 위치 P1(도 3 참조)보다도 출사 단면(22b)으로부터 먼 위치 P2(도 3 참조)로 이동한다. 광 파이버(22)의 출사 단면(22b)으로부터 출사된 레이저광은, 투영 렌즈(31a)에 의해 평행 광속으로 되어, 투영 렌즈(31b)에 의해 수속되어, 공간광 변조 소자(32) 상에, 광 파이버(22)의 출사 단면(22b)의 상으로서 집광된다.

[0029] 공간광 변조 소자(32)는, 레이저광용의 결상 렌즈(10)의 초점 위치에 배치된다. 공간광 변조 소자(32)는, 예를 들면 미소 디바이스의 하나인 미소 미러가 2차원 어레이 형상으로 배열된 구성을 구비한다. 각 미소 미러의 반사각은, 제어부(104)로부터의 제어 하에, 적어도 온 각도와 오프 각도 중 어느 하나로 절환 가능하다. 온 각도란, 이 상태에 있는 미소 미러에서 반사된 레이저광이 스테이지(2) 상의 기판(1)에 투사되는 각도이고, 오프 각도란, 이 상태에 있는 미소 미러에서 반사된 레이저광이 불필요한 광으로서 광로 밖에 설치되는 도시하지 않은 차광 부재나 흡수 부재 등의 레이저 댐퍼에 조사되는 각도이다. 따라서, 2차원 어레이 형상으로 배열된 미소 미러 각각의 반사각을 온 각도와 오프 각도 중 어느 하나로 스위칭함으로써, 기판(1)에 투사되는 레이저광의 단면 형상을 제어하는 것이 가능하다.

[0030] 이에 의해, 레이저 광원(21)으로부터의 레이저광의 단면 형상을 수복 패턴의 형상으로 조정하여 기판(1)에 조사하는 것이 가능하게 된다. 이 수복 패턴은, 정상적인 배선 패턴 이외에 레이저광을 조사하는 수복 패턴이며, 예를 들면 패턴 제거 불량 등의 결함을 수복하는 경우에는, 샷 영역 중의 정상적인 배선 등의 영역에 대응하는 미소 미러를 오프 각도로 하고, 그 이외의 영역에 대응하는 미소 미러를 온 각도로 한 패턴으로 된다. 공간광 변조 소자(32)에는, 예를 들면 DMD를 이용하면 된다. 공간광 변조 소자(32)는, 제어부(104)의 제어 하에, 레이저 조사부(102)가 출력하는 결함 수복용의 레이저광의 광속 단면 형상(레이저광의 광축과 수직한 단면의 형상)을 조정한다. 또한, 수복 패턴의 설정은, 상기한 바와 같이 정상적인 배선 패턴에 따라서 설정하는 것 이외에, 결함 형상에 맞추어 설정하도록 해도 상관없다. 이 경우, 레이저광의 단면 형상을 결함 형상에 맞추어, 결함 영역에 대응하는 미소 미러를 온 각도로 하고, 결함 영역 이외의 영역에 대응하는 미소 미러를 오프 각도로 하면 된다.

[0031] 이 공조광 변조 소자(32)로부터 조사되는 레이저광은, 레이저광용의 결상 렌즈(10)에서 평행광으로 되고, 미러(9a) 및 하프 미러(9b)를 경유하여, 축상으로부터 축외까지의 레이저광이 빠짐없이 대물 렌즈(3)의 동공면에 취득되어, 기판(1)의 가공면에 투사된다. 이 결과, 기판(1)의 가공 대상인 결함이 수정 가공된다.

[0032] 입력부(54)는, 키보드, 마우스 등을 이용하여 구성되어 있고, 사용자로부터의 각종 설정 파라미터 등의 입력 지시를, 표시부(55)에 표시되는 GUI(Graphical User Interface)와 제휴하여 취득한다. 표시부(55)는, 액정 디스플레이 등을 이용하여 구성되어 있고, 관찰 화상, 설정 정보 등을 표시한다. 기억부(56)는, 하드디스크, ROM, RAM 및 휴대형 기억 매체 등을 이용하여 구성되어 있고, 레이저 가공 장치(100)의 각종 동작을 제어하기 위한 제어 프로그램이나 제어 조건을 미리 기억한다. 또한, 기억부(56)는, 기판(1)의 공정·품종에 따른, 전극(또는 배선) 패턴의 표본 패턴 화상을 기억한다. 정보 취득부(59)는, 통신 인터페이스 등을 이용하여 구성되어 있고, 네트워크(112)를 통하여 결함 정보 관리 서버(114)와의 사이에서 통신함으로써, 실행해야 할 가공 공정, 및, 처

리 기판의 가공 대상인 결함의 종별이나 위치를 지시하는 가공 정보를 취득한다.

[0033] 제어부(104)는, 현미경 제어부(51), 광원 제어부(52) 및 렌즈 제어부(53)를 갖는다. 현미경 제어부(51)는, 스테이지(2) 및 현미경부(101)의 각 구성 요소의 동작 처리를 제어한다. 광원 제어부(52)는, 레이저 조사부(102)의 레이저 광원(21)에 대하여 레이저광의 출력 파장을 지시함과 함께, 레이저 광원(21)의 출력을 제어한다. 렌즈 제어부(53)는, 레이저 조사부(102)에 대하여, 결합 렌즈부(24)에서 광로 상에 배치하는 결합 렌즈를 결합 렌즈(24a, 24b) 중 어느 하나로 절환시킨다. 또한, 렌즈 제어부(53)는, 중간 경통부(103)에 대하여 투영 렌즈(31a)의 광축 방향의 위치를 지시한다.

[0034] 이 레이저 가공 장치(100)는, 가공 공정 및 가공 대상의 종별에 따라서 레이저광의 파장과, 가공용의 대물 렌즈(3)를 구분하여 사용한다. 또한, 레이저 가공 장치(100)는, 가공 공정 및 가공 대상의 종별에 따라서 선택된 대물 렌즈(3)의 동공 직경에 맞추어, 광 파이버(22)의 출사 단면(22b)으로부터 조사되는 레이저광의 NA도 변경하고 있다. 구체적으로는, 렌즈 제어부(53)는, 결합 렌즈부(24)에, 광로 상에 배치하는 결합 렌즈(24a, 24b)를 어느 하나로 절환시킴으로써, 결합 렌즈의 초점 거리를 변화시켜, 광 파이버(22)의 출사 단면(22b)으로부터 조사되는 레이저광의 NA도 변경하고 있다. 또한, 레이저 가공 장치(100)에서는, 가공 공정 및 가공 대상에 각각 대응시켜, 가공에 사용하는 레이저광의 파장, 가공에 사용하는 대물 렌즈(3)의 종류, 사용하는 결합 렌즈의 종류 외에, 레이저 광원의 출력 강도 및 투영 렌즈(31a)의 광축 방향에서의 위치도 변경하고 있다. 이에 의해, 레이저 가공 장치(100)는, 광 파이버(22)나 공간광 변조 소자(32)의 손상 및 대물 렌즈(3)의 동공에서의 광 손실을 회피하면서, 효율적으로 기판(1)의 가공면에 레이저광을 전달하고 있다.

[0035] 이 각 가공 공정 및 각 가공 대상에 대응하는 레이저광의 파장, 대물 렌즈(3)의 종류, 결합 렌즈의 종류, 레이저 광원(21)의 출력 강도, 및, 투영 렌즈(31a)의 광축 방향에서의 위치에 관한 제어 조건은, 예를 들면 도 4의 조건표 T1의 제어 조건 1, 2, 3과 같이 각각이 각 가공 공정 또는 각 가공 대상의 종별에 대응지어진 상태에서 기억부(56)에 미리 기억된다. 제어부(104)는, 기억부(56)가 기억하는 각 제어 조건 중, 실행해야 할 가공 공정 또는 가공 대상의 종별에 대응하는 제어 조건에 따라서, 레이저광의 파장, 가공에 사용하는 대물 렌즈(3)의 종류, 절환되는 결합 렌즈의 종류, 레이저 광원(21)의 출력 강도, 및, 투영 렌즈(31a)의 광축 방향에서의 위치를 제어한다.

[0036] 다음으로, 레이저 가공 장치(100)에서의 레이저 가공 처리의 처리 수순에 대하여 설명한다. 도 5는 도 1에 도시하는 레이저 가공 장치(100)에서의 레이저 가공 처리의 처리 수순을 설명하는 플로우차트이다.

[0037] 가공 처리 대상의 기판(1)이 스테이지(2)에 재치되면, 도 5의 플로우차트에 나타내는 바와 같이, 제어부(104)는, 실행해야 할 가공 공정, 및, 처리 기판의 가공 대상인 결함의 종별이나 위치를 지시하는 가공 정보를 취득하였는지의 여부를 판단한다(스텝 S1). 예를 들면, 정보 취득부(59)가 가공 정보의 송신을 외부의 결함 정보 관리 서버(114)에 요구하고, 네트워크(112)를 통하여 결함 정보 관리 서버(114)로부터 송신된 가공 정보를 정보 취득부(59)가 수신함으로써 가공 정보를 취득한다. 제어부(104)는, 가공 정보를 취득하고 있지 않다고 판단한 경우(스텝 S1 : 아니오), 가공 정보를 취득하였다고 판단할 때까지 스텝 S1의 판단 처리를 반복한다.

[0038] 제어부(104)는, 가공 정보를 취득하였다고 판단한 경우(스텝 S1 : 예), 기억부(56)가 기억하는 조건표 T1을 참조하여(스텝 S2), 참조한 조건표 T1 중으로부터, 가공 정보가 지시하는 가공 공정 또는 가공 대상의 종별에 따른 제어 조건을 선택하여 취득한다(스텝 S3). 제어부(104)는, 이 제어 조건으로서, 가공에 사용하는 레이저광의 파장, 가공에 사용하는 대물 렌즈(3)의 종류, 사용하는 결합 렌즈의 종류 외에, 레이저 광원의 출력 강도 및 투영 렌즈(31a)의 광축 방향에서의 위치를 취득한다.

[0039] 제어부(104)에서는, 가공 정보가 지시하는 가공 공정 또는 가공 대상의 종별에 따라서 취득한 제어 조건에 따라서, 각 구성 요소를 제어한다. 구체적으로는, 광원 제어부(52)는, 취득한 제어 조건에 나타내어진 파장으로, 레이저 광원(21)이 출력하는 레이저광의 파장을 절환하는 레이저 파장 절환 처리(스텝 S4)를 행한다.

[0040] 현미경 제어부(51)는, 현미경부(101)에 대하여, 취득한 제어 조건에 따라서 가공에 사용하는 대물 렌즈(3)를 리볼버(4)에 의해 광로 상에 절환 배치시키는 대물 렌즈 절환 처리(스텝 S5)를 행한다. 이때, 현미경 제어부(51)는, 가공 정보에 나타내어진 결함의 위치에 기초하여, 스테이지(2)를 제어하여 기판(1)의 가공면에 위치하는 결함이 촬상부(5)의 시야 내에 들어가도록 기판(1)을 배치하고, 초준 기구(8)에 의한 합초 제어를 지시한다.

[0041] 렌즈 제어부(53)는, 취득한 제어 조건에 따라서, 결합 렌즈부(24)의 광로 상에 배치하는 결합 렌즈를, 결합 렌즈(24a, 24b) 중 어느 하나로 절환하는 결합 렌즈 절환 처리(스텝 S6)를 행한다.

[0042] 광원 제어부(52)는, 취득한 제어 조건에 따라서, 레이저 광원(21)의 레이저광의 출력 강도를 설정하는 레이저 강도 설정 처리(스텝 S7)를 행한다. 렌즈 제어부(53)는, 취득한 제어 조건에 따라서, 투영 렌즈부(31)에, 투영 렌즈(31a)의 광축 방향에서의 위치를 절환시키는 투영 렌즈 위치 절환 처리(스텝 S8)를 행한다. 그 후, 제어부(104)는, 레이저 가공 장치(100)의 각 구성 요소를 제어하여, 레이저 광원(21)에 절환된 파장에서의 레이저광 조사를 행하게 하여, 가공 대상인 결함을 수정 가공하는 가공 처리를 행한다(스텝 S9).

[0043] 구체적으로, 가공 공정에 대응하는 레이저광의 파장, 대물 렌즈(3)의 종류, 결합 렌즈의 종류, 레이저 광원(21)의 출력 강도, 및, 투영 렌즈(31a)의 광축 방향에서의 위치를 설정한 제어 조건에 대하여 설명한다.

[0044] 우선, 에칭 전의 레지스트막 가공 처리에서의 제어 조건에 대하여, 조건표 T1의 제어 조건 1을 참조하여 설명한다. 예를 들면, 글래스 기판에서는, YAG 레이저의 3배파 혹은 4배파인 266㎚ 레이저광이나 355㎚ 레이저광을 이용하여 레지스트막을 가공하는 것이 바람직하다. 이 때문에, 제어 조건 1과 같이, 에칭 전의 레지스트막 가공 처리에서는, 사용하는 레이저광의 파장으로서 예를 들면 266㎚가 설정된다.

[0045] 또한, 레지스트막을 가공하는 경우는, 금속 배선을 가공하는 경우만큼 높은 에너지 밀도는 필요하지 않기 때문에, 에칭 전의 레지스트막 가공 처리에서는, 20배의 대물 렌즈(3a)가 설정된다.

[0046] 예를 들면, 가공에 사용되는 대물 렌즈(3)로서, 도 6에 도시한 바와 같이, 동공 직경이 7.2㎜ 직경인 20배의 대물 렌즈(3a)(NA=0.36)가 설정되는 경우를 예로 설명한다. 이때, 레이저광용의 결상 렌즈(10)의 초점 거리를 200㎜로 한 경우, 공간광 변조 소자(32)로부터 결상 렌즈(10)를 향하여 조사되는 레이저광 L1의 NA는, 7.2÷2÷200=0.018 정도로 하면 된다. 중간 경통부(103)의 투영 렌즈부(31)의 투영 배율을 6배로 하면, 광 파이버(22)의 출사 단면(22b)으로부터 출사되는 레이저광의 NA는, 0.018×6=0.108이면 된다. 광 파이버(22)의 입사 단면(22a)에 입사하는 레이저광의 NA와, 광 파이버(22)의 출사 단면(22b)으로부터 출사되는 레이저광의 NA는, 거의 보존되기 때문에, 광 파이버(22)의 입사 단면(22a)에 결합하는 NA도 0.108로 하면 된다. 레이저 광원(21)의 레이저광의 평행 빔 직경을 4㎜로 하면, 4÷2÷0.108≒18.5㎜의 초점 거리에서 레이저광을 광 파이버(22)의 입사 단면(22a)에 집광할 수 있는 결합 렌즈를 준비하면 된다. 이 때문에, 대물 렌즈(3a)에 대응하는 레이저광의 NA를 실현하기 위해서, 18.5㎜의 초점 거리 f에 대응시켜, 결합 렌즈(24a)의 광로 내의 위치 Pa를 설정한다. 따라서, 에칭 전의 레지스트막 가공 공정에서의 결합 렌즈로서, 사용되는 20배의 대물 렌즈(3a)에 대응하는 결합 렌즈(24a)가 설정된다.

[0047] 또한, 에칭 전의 레지스트막 가공 공정에서는, 금속 배선을 가공하는 경우만큼 높은 에너지 밀도를 갖는 레이저광은 필요하지 않기 때문에, 레이저 광원(21)의 레이저광의 출력 강도는 1배로 설정된다.

[0048] 그리고, 레이저 가공 장치(100)는, 가공 공정 및 가공 대상의 종별에 따라서 레이저광의 파장을 구분하여 사용함과 함께, 공간광 변조 소자(32)에 투영하는 레이저광의 크기(조사 영역)를 동일하게 하기 위해서 투영 렌즈(31a)의 축상의 색수차를 보정하고 있다. 구체적으로는, 렌즈 제어부(53)가, 사용되는 레이저광의 파장에 대응시켜, 투영 렌즈(31a)의 광축(41) 방향의 위치를, 광 파이버(22)의 출사 단면(22b)측의 위치 P1 혹은 위치 P1보다도 출사 단면(22b)으로부터 먼 위치 P2로 지시한다. 에칭 전의 레지스트막 가공 공정에서는, 266㎚ 레이저광을 사용하기 때문에, 투영 렌즈(31a)의 광축(41) 방향의 위치는, 광 파이버(22)의 출사 단면(22b)측의 위치 P1로 지정된다.

[0049] 다음으로, 에칭 후의 금속 배선 가공 처리에서의 제어 조건에 대하여, 조건표 T1의 제어 조건 2를 참조하여 설명한다. 예를 들면, 글래스 기판에서는, YAG 레이저의 2배파 혹은 기본파인 532㎚ 레이저광이나 1064㎚ 레이저광을 이용하여 금속 배선을 가공하는 것이 바람직하다. 이 때문에, 제어 조건 2와 같이, 에칭 후의 금속 배선 가공 처리에서는, 사용하는 레이저광의 파장으로서, 예를 들면 1064㎚가 설정된다.

[0050] 금속 배선을 가공하는 경우에는, 레지스트막을 가공하는 경우와 비교하여, 약 10~20배 정도의 높은 에너지 밀도를 갖는 레이저광이 필요하다. 이 때문에, 에칭 후의 금속 배선 가공 처리에서는, 에칭 전의 레지스트막 가공 처리에서 사용되는 20배의 대물 렌즈(3a)보다도 배율이 높은 50배의 대물 렌즈가 사용된다.

[0051] 예를 들면, 가공에 사용되는 대물 렌즈(3)로서, 도 7에 도시한 바와 같이, 동공 직경이 3.2㎜ 직경인 50배의 대물 렌즈(3b)(NA=0.4)가 설정되는 경우를 예로 설명한다. 이때, 레이저광용의 결상 렌즈(10)의 초점 거리를 200㎜로 한 경우, 공간광 변조 소자(32)로부터 결상 렌즈(10)를 향하여 조사되는 레이저광 L2의 NA는, 3.2÷2÷200=0.008 정도로 하면 된다. 중간 경통부(103)의 투영 렌즈부(31)의 투영 배율을 6배로 하면, 광 파이버(22)의 출사 단면(22b)으로부터 출사되는 레이저광의 NA는, 0.008×6=0.048이면 되므로, 광 파이버(22)의 입사 단면(22a)에 결합하는 NA도 0.048로 하면 된다. 레이저 광원(21)의 레이저광의 평행 빔 직경을 4㎜로 하면, 4÷2÷

0.048≒41.7㎜의 초점 거리에서 레이저광을 광 파이버(22)의 입사 단면(22a)에 집광할 수 있는 결합 렌즈를 준비하면 된다. 이 때문에, 대물 렌즈(3b)에 대응하는 레이저광의 NA를 실현하기 위해서, 41.7㎜의 초점 거리 f에 대응시켜, 결합 렌즈(24b)의 광로 내의 위치 Pb를 설정한다. 따라서, 에칭 후의 금속 배선 가공 공정에서의 결합 렌즈로서, 사용되는 50배의 대물 렌즈(3b)에 대응하는 결합 렌즈(24b)가 설정된다.

[0052] 그리고, 대물 렌즈(3)의 배율을 20배로부터 50배로 하면, 기판(1)에서의 에너지 밀도는, 2.5^2=6.25배로 된다. 레이저 가공 장치(100)에서는, 금속 배선 가공을 위한 남은 에너지에 대해서는, 레이저 광원(21)의 출력을, 에칭 전의 레지스트막 가공 처리에서의 출력보다도, 1.6~3.2배로 올림으로써 보충한다.

[0053] 또한, 에칭 처리 후의 금속 배선 가공 공정에서는, 1064㎚ 레이저광을 사용하기 때문에, 투영 렌즈(31a)의 광축(41) 방향의 위치는, 출사 단면(22b)으로부터 먼 위치 P2로 지정된다.

[0054] 실시 형태 1에서는, 광 파이버(22)로부터 조사되는 레이저광의 NA를, 사용하는 대물 렌즈(3)의 동공 직경에 대응시켜 구하고, 이 구한 레이저광의 NA를 실현할 수 있도록, 결합 렌즈(24a, 24b)의 각 초점 거리 f가 설정되어 있다. 레이저 가공 장치(100)에서는, 렌즈 제어부(53)가, 사용하는 결합 렌즈를, 결합 렌즈(24a, 24b) 중, 사용하는 대물 렌즈(3)의 동공 직경에 합치하는 초점 거리 f가 설정된 결합 렌즈로 절환함으로써, 광 파이버(22)의 출사 단면(22b)으로부터 조사되는 레이저광의 NA를 변경하고 있다. 다시 말하면, 레이저 가공 장치(100)에서는, 광 파이버(22)로 구성되는 광 도파로의 입사측 NA를 변경시켜, 가공에 사용하는 대물 렌즈(3)의 동공 직경에 레이저광의 NA를 합치시키고 있다.

[0055] 이와 같이, 레이저 가공 장치(100)에서는, 대물 렌즈(3)의 동공 직경에 맞추어 레이저광의 NA를 변경함으로써, 가공에 사용하는 대물 렌즈(3)에서의 광 손실이 없도록 레이저 광속을 변경할 수 있기 때문에, 공간광 변조 소자(32)에 투영하는 레이저광의 크기(조사 영역)를 변화시키지 않고 기판(1)의 가공면에서의 에너지 밀도를 변경할 수 있다.

[0056] 또한, 레이저 가공 장치(100)에서는, 대물 렌즈(3)의 동공 직경에 맞추어 레이저광의 NA를 변경하여 사용하는 대물 렌즈(3)에서의 광 손실을 없애고 있기 때문에, 레이저 광원(21)으로부터 출사되는 레이저광의 출력 강도를 높여, 대물 렌즈(3)에서의 광 손실분을 보충할 필요가 없다. 따라서, 레이저 가공 장치(100)에서는, 가공 대상에 따라서 기판(1)에서의 에너지 밀도에 큰 차가 있는 경우라도, 레이저 광원(21)으로부터 출사되는 레이저광의 출력 강도의 상승을 억제하면서, 기판(1)의 가공면에서의 에너지 밀도를 적절하게 설정할 수 있다. 이 때문에, 레이저 가공 장치(100)에서는, 레이저 광원(21)으로부터 결상 렌즈(10)까지의 사이의 광 파이버(22)나 공간광 변조 소자(32)의 레이저광에 의한 손상을 저감할 수 있다.

[0057] 그리고, 레이저 가공 장치(100)는, 가공 공정 및 가공 대상의 종별에 따라서 레이저광의 파장을 구분하여 사용함과 함께, 공간광 변조 소자(32)에 투영하는 레이저광의 크기(조사 영역)를 동일하게 하기 위해서 투영 렌즈(31a)의 축상의 색수차를 보정하여, 정확한 가공을 실현하고 있다.

[0058] 따라서, 레이저 가공 장치(100)에서는, 미리 기억한 제어 조건에 기초하여, 실행해야 할 가공 공정 및 가공 대상에 각각 대응시켜, 가공에 사용하는 레이저광의 파장, 가공에 사용하는 대물 렌즈(3)의 종류, 사용하는 결합 렌즈의 종류, 레이저 광원의 출력 강도, 및, 투영 렌즈(31a)의 광축 방향에서의 위치를 변경함으로써, 광 파이버(22)나 공간광 변조 소자(32)의 손상 및 대물 렌즈(3)의 동공에서의 광 손실을 회피하면서, 효율적으로 기판(1)의 가공면에 레이저광을 전달하고 있다.

[0059] 또한, 기억부(56)가 기억하는 제어 조건은, 조건표 T1의 제어 조건 1, 2와 같이, 기판(1)에 대한 공정별로 각 조건이 대응지어진 것 이외에, 조건표 T1의 제어 조건 3과 같이, 결함의 종별마다 각 조건이 대응지어진 것이어도 된다. 예를 들면, 결함 1에 대하여 가공 처리가 행해지는 경우에는, 제어 조건 3에 나타내는 바와 같이, 사용하는 레이저광의 파장으로서 266㎚가 설정되고, 50배의 대물 렌즈(3b)가 사용된다. 그리고, 제어 조건 3과 같이, 레이저광용의 결상 렌즈(10)의 초점 거리가 200㎜이고, 레이저 광원(21)의 레이저광의 평행 빔 직경이 4㎜인 경우, 50배의 대물 렌즈(3b)에 대응하는 레이저광의 NA를 실현하기 위해서, 41.7㎜의 초점 거리 f에서 레이저광을 광 파이버(22)의 입사 단면(22a)에 집광할 수 있는 결합 렌즈(24b)가 설정된다. 또한, 제어 조건 3과 같이, 266㎚ 레이저광을 사용하기 위해서, 투영 렌즈(31a)의 광축(41) 방향의 위치는, 출사 단면(22b)으로부터 가까운 위치 P1로 지정된다. 또한, 결함(1)을 가공하기 위한 레이저 강도비는, 2배로 설정된다.

[0060] 또한, 제어부(104)는, 도 8에 도시한 바와 같이, 가공 대상의 결함의 화상이 표시되는 화상 표시 영역 Eg의 하방의 영역 A1에, 선택된 가공 공정 또는 가공 대상의 종별에 따른 각 제어 조건이 나타내어진 메뉴 M1을 표시부(55)에 표시시켜, 제어 조건의 상세를 레이저 가공 장치(100)의 조작자가 확인할 수 있도록 해도 된다.

[0061] 또한, 실시 형태 1에서는, 정보 취득부(59)가 취득한 가공 정보에 대응하여 제어부(104)가 자동적으로 제어 조건을 선택하는 경우에 대하여 설명하였지만, 이에 한하지 않는다. 예를 들면, 입력부(54)가, 실행해야 할 가공 공정 및 가공 대상의 종별을 지시하는 지시 정보를 접수하여 제어부(104)에 입력하고, 제어부(104)는, 이 입력부(54)로부터 입력된 지시 정보가 지시하는 가공 공정 또는 가공 대상의 종별에 대응하는 제어 조건을 기억부(56)가 기억하는 조건표 중으로부터 선택해도 된다.

[0062] 또한, 도 9에 도시한 바와 같이, 표시부(55)는, 영역 A2에, 레이저 가공 파장, 가공용 대물 렌즈의 종류, 결합 렌즈의 종류, 레이저 강도비 및 투영 렌즈의 위치에 관한 제어 조건을 각각 선택 가능한 풀 다운 메뉴 P1~P5가 나타내어진 메뉴 M2를 표시하여, 조작자에 의한 입력부(54)의 조작에 의해 각 제어 조건을 설정할 수 있도록 해도 된다. 이 경우, 풀 다운 메뉴 P1~P5 중 어느 하나에서 제어 조건이 설정된 경우에는, 다른 풀 다운 메뉴 P1~P5에서 선택할 수 있는 조건을, 이미 설정된 제어 조건에 대응하는 것으로 고정해도 된다.

[0063] 또한, 도 10에 도시한 바와 같이, 제어부(104)는, 프리셋 버튼 C1~C5가 영역 A3에 표시되는 메뉴 M3을 표시부(55)에 표시시켜, 입력부(54)의 조작에 의해 선택된 프리셋 버튼에 대응하는 제어 조건을 기억부(56)의 조건표 T1로부터 선택해도 된다. 예를 들면, 프리셋 버튼 C1은, 조건표 T1의 제어 조건 1에 대응하고, 제어부(104)는, 프리셋 버튼 C1이 선택된 경우에는, 조건표 T1의 제어 조건 1에 따라서, 레이저 가공 파장, 가공용 대물 렌즈의 종류, 결합 렌즈의 종류, 레이저 강도비 및 투영 렌즈의 위치를 설정하고, 가공 처리를 행한다.

[0064] 또한, 본 실시 형태 1에서는, 레이저 조사부(102)와 중간 경통부(103) 사이에서 레이저광을 전파시키기 위해서 광 파이버(22)를 이용한 경우를 예로 설명하였다. 이 경우에는, 광 파이버(22)의 잡고 돌림에 의해 굽힘 R이 작아지면 광 파이버(22)의 유효 NA의 범위 내에서, 광 파이버(22)의 출사 단면(22b)으로부터의 출사 NA가 입사 단면(22a)에서의 입사 NA보다도 커지는 경우가 있다. 이 때문에, 결합 렌즈부(24)와 레이저 광원(21) 사이에, 빔 익스팬더를 배치하여, 적정한 출사 NA로 되도록 레이저광의 입사 NA를 보정해도 된다.

[0065] 또한, 본 실시 형태 1에서는, 광 도파로로서 광 파이버(22)를 이용한 경우를 예로 설명하였지만, 이에 한하지 않는다. 예를 들면, 광 파이버(22) 대신에, 호모지나이저 등의 글래스 로드를 이용해도 된다. 호모지나이저 등의 글래스 로드를 광 도파로로서 채용한 경우, 잡고 돌림이 고정화되기 때문에, 출사 NA가 변동되지 않고 안정됨과 함께, 출사 단면(22b)의 레이저 강도 분포의 균일성도 광 파이버(22)와 비교하여 더욱 향상된다. 또한, 광 파이버(22)의 잡고 돌림에 의해 굽힘 R이 작아지면, 그 위치에서 레이저광의 에너지 집중이 발생하여 광 파이버를 손상시키는 경우가 있지만, 글래스 로드를 이용한 경우에는, 이러한 손상도 회피할 수 있다.

[0066] 또한, 실시 형태 1에서는, 결합 렌즈(24a, 24b) 중 어느 하나로 절환함으로써, 광 파이버(22) 혹은 글래스 로드 등의 광 도파로의 입사측 NA를 변경시켜, 가공에 사용하는 대물 렌즈(3)의 동공 직경에 레이저광의 NA를 합치시키고 있지만, 이에 한하지 않는다. 미러(23), 결합 렌즈부(24) 및 광 파이버(22) 대신에, 예를 들면 도 11에 도시한 바와 같이, 2개의 렌즈를 조합하여 광속 폭을 확대 가능한 빔 익스팬더(61), 동일한 단일 렌즈를 종횡으로 배치한 플라이 아이 렌즈(62) 및 콜리메이트 렌즈(63)에 의해 구성되는 광원 변환 수단을 채용해도 된다.

[0067] 이 경우, 레이저 광원(21)으로부터 조사된 평행 빔의 광속 직경을 빔 익스팬더(61)에 의해 변경한다. 빔 익스팬더(61)의 출력처에 플라이 아이 렌즈(62)를 배치하고, 빔 익스팬더(61)로부터 출력된 레이저광을 다점 광원화하고, 플라이 아이 렌즈(62)의 출력처에 배치한 콜리메이트 렌즈(63)에 의해 다시 평행광으로 되돌린다. 이때, 콜리메이트 렌즈(63)의 후방측 초점 위치는, 균일한 각도 분포를 갖는 면광원(64)으로 변환된다. 렌즈 제어부(53)는, 빔 익스팬더(61)의 렌즈간의 간격을 변경함으로써 배율을 변경하여, 플라이 아이 렌즈(62)에 입사하는 레이저광의 광속 직경을 변경할 수 있기 때문에, 면광원(64)의 크기를 변화시키지 않고, 면광원(64)으로부터 조사되는 평행광의 각도 분포를 변경할 수 있다. 즉, 빔 익스팬더(61)의 렌즈간의 간격을 변경하여 플라이 아이 렌즈(62)에 입사하는 레이저광의 광속 직경을 변경함으로써, 면광원(64)으로부터 조사되는 레이저광의 NA를 변경할 수 있다.

[0068] 또한, 레이저 가공 장치는, 기판에 대한 제조 시스템의 일부인 결함 수정 시스템을 구성한다. 이 결함 수정 시스템에 대하여 설명한다. 도 12는, 실시 형태에 따른 레이저 가공 장치를 갖는 결함 수정 시스템의 개략 구성을 도시하는 블록도이다. 이 결함 수정 시스템은, 예를 들면 도 12에 도시한 바와 같이, 결함 검사 장치(111), 생산 라인 정보를 통괄하는 생산 데이터 관리 서버(113), 결함 정보 데이터베이스(115)에 접속하여 결함 정보를 관리하는 결함 정보 관리 서버(114), 리뷰 검사 장치(116) 및 레이저 가공 장치(100)가 네트워크(112)를 통하여 접속하는 구성을 갖는다.

[0069] 우선, 시스템 전체의 처리의 개요를 설명한다. 결함 검사 장치(111)는, 예를 들면 포토리소그래피 공정에서 레

지스트 패턴이 형성된 에칭 공정 전의 기판이나 에칭 공정에서 금속 배선이 형성된 기판이 반송 시스템에 의해 반송되어 오면, 설정된 검사 조건에 따라서, 이 기판에서의 결함을 검출하고, 결함의 기판 상의 좌표 위치를 나타내는 결함 위치 좌표 및 결함의 크기를 나타내는 사이즈 정보를 취득한다. 결함 정보 관리 서버(114)는, 이들 각 정보를, FTP(File Transfer Protocol) 등을 이용하여 네트워크(112) 경유로 취득하고, 결함 정보 데이터베이스(115)에 등록함과 함께 생산 데이터 관리 서버(113)에 등록 내용을 송신한다.

[0070] 결함 검사 장치(111)에 의한 검사 후의 기판 중 결함이 생겨 있는 기판은 리뷰 검사 장치(116)에 반송된다. 리뷰 검사 장치(116)는, 리뷰 대상의 기판의 결함을 나타낸 리뷰 정보를 결함 정보 관리 서버(114)에 요구한다. 리뷰 검사 장치(116)는, 결함 정보 관리 서버(114)로부터 송신된 리뷰 정보에 따라서 결함 화상을 촬상하고, 화상 처리 기능에 의해 결함의 종별을 분류한다. 결함 정보 관리 서버(114)는, 이 리뷰 결과를 네트워크(112) 경유로 취득하고, 결함 정보 데이터베이스(115)에 등록함과 함께 생산 데이터 관리 서버(113)에 등록 내용을 송신한다.

[0071] 리뷰 검사 장치(116)에 의한 리뷰 검사 후의 기판은 레이저 가공 장치(100)에 반송된다. 레이저 가공 장치(100)는, 가공 공정, 및, 처리 기판의 가공 대상인 결함의 종별이나 위치를 지시하는 가공 정보를 결함 정보 관리 서버(114)에 요구한다. 그리고, 전술한 바와 같이, 레이저 가공 장치(100)는, 결함 정보 관리 서버(114)로부터 송신된 결함 정보에 따라서 결함을 촬상하고, 촬상한 결함 화상과 소정의 표본 패턴 화상의 매칭에 의해, 결함의 추출과, 전극 패턴 또는 배선 패턴을 레이저 가공 영역으로부터 제외하기 위해서 레이저광의 비조사 영역을 설정하는 마스크 설정을 행하고 나서, 레이저광을 조사함으로써 기판 상의 결함을 수정 가공한다.

[0072] (실시 형태 2)

[0073] 다음으로, 실시 형태 2에 대하여 설명한다. 도 13은 실시 형태 2에 따른 레이저 가공 장치의 개략 구성을 도시하는 블록도이다. 도 13에 도시한 바와 같이, 실시 형태 2에 따른 레이저 가공 장치(200)는, 도 1에 도시한 레이저 가공 장치(100)와 비교하여, 레이저 조사부(102) 대신에 레이저 조사부(202)를 갖고, 중간 경통부(103) 대신에 중간 경통부(203)를 갖고, 제어부(104) 대신에 제어부(204)를 갖고, 기억부(56) 대신에 기억부(256)를 갖는다.

[0074] 도 14에 도시한 바와 같이, 레이저 조사부(202)는, 레이저 광원(21)과, 다이크로익 미러(223a)와, 미러(223b)와, 결합 렌즈(24a, 24b)를 갖는 결합 렌즈부(224)와, 광 파이버(221, 222)를 갖는다. 레이저 광원(21)은, 예를 들면, 파장이 266㎚, 355㎚, 532㎚ 및 1064㎚의 레이저광을 동시에 출사한다.

[0075] 다이크로익 미러(223a)는, 파장이 532㎚ 및 1064㎚의 레이저광을 투과시킴과 함께, 파장이 266㎚ 및 355㎚의 레이저광을 미러(223b)측에 반사한다. 다이크로익 미러(223a)는, 레이저 광원(21)으로부터 출사된 레이저광을, 파장이 266㎚ 및 355㎚의 레이저광과, 파장이 532㎚ 및 1064㎚의 레이저광으로 나누어 출력하는 기능을 갖는다.

[0076] 다이크로익 미러(223a)를 투과한 532㎚ 및 1064㎚의 레이저광은, 결합 렌즈(24b)에 의해 광 파이버(221)의 입사 단면(221a)에 결합되고, 광 파이버(221)의 출사 단면(221b)으로부터 출사된다. 또한, 다이크로익 미러(223a)에서 반사된 파장이 266㎚ 및 355㎚의 레이저광은, 미러(223b)에서 반사되어, 결합 렌즈(24a)에 의해 광 파이버(222)의 입사 단면(222a)에 결합되고, 광 파이버(222)의 출사 단면(222b)으로부터 출사된다. 실시 형태 2에서는, 파장이 532㎚ 및 1064㎚의 레이저광 La를 전파하는 광 파이버(221)와, 파장이 266㎚ 및 355㎚의 레이저광 Lb를 전파하는 광 파이버(222)를 각각 설치한다.

[0077] 파장이 266㎚ 및 355㎚의 레이저광은, 실시 형태 1에서 기재한 바와 같이, 에칭 전의 레지스트막 가공 공정에서 사용되고, 예를 들면 20배의 대물 렌즈(3a)가 설정된다. 20배의 대물 렌즈(3a)의 동공 직경이 7.2㎜ 직경이고, 레이저광용의 결상 렌즈(10)의 초점 거리가 200㎜이고, 레이저 광원(21)의 레이저광의 평행 빔 직경이 4㎜인 경우, 대물 렌즈(3a)에 대응하는 레이저광의 NA를 실현하기 위해서, 18.5㎜의 초점 거리 f에 대응한 위치 Pc(도 14 참조)에, 결합 렌즈(24a)가 고정 배치된다. 또한, 파장이 532㎚ 및 1064㎚의 레이저광은, 실시 형태 1에서 기재한 바와 같이, 에칭 후의 금속 배선 가공 공정에서 사용되고, 예를 들면 50배의 대물 렌즈(3b)가 설정된다. 50배의 대물 렌즈(3b)의 동공 직경이 3.2㎜ 직경인 경우, 대물 렌즈(3b)에 대응하는 레이저광의 NA를 실현하기 위해서, 41.7㎜의 초점 거리 f에 대응한 위치 Pd(도 14 참조)에, 결합 렌즈(24b)가 고정 배치된다.

[0078] 이와 같이, 실시 형태 2에서는, 레이저광을, 사용하는 각 파장으로 나누고, 각 파장에 대응시켜 광 파이버(221, 222)를 설치함과 함께, 각 파장에 대응한 대물 렌즈에 최적의 NA로 레이저광을 입사할 수 있는 초점 위치에 각 결합 렌즈(24a, 24b)를 각각 배치하고 있다.

[0079] 중간 경통부(203)는, 투영 렌즈부(31) 대신에 투영 렌즈부(231)를 갖는다. 투영 렌즈부(231)는, 광 파이버

(221)의 출사 단면(221b)으로부터 출사된 레이저광을 공간광 변조 소자(32)에 투영하기 위한 투영 렌즈로서, 투영 렌즈(231a, 31b)를 갖는다. 투영 렌즈(231a)와 투영 렌즈(31b) 사이에는, 파장이 532㎚ 및 1064㎚의 레이저광을 투과시킴과 함께 파장이 266㎚ 및 355㎚의 레이저광을 투영 렌즈(31b) 측으로 반사하는 다이크로익 미러(231c)가 설치되어 있다. 광 파이버(221)의 출사 단면(221b)으로부터 출사된 파장이 532㎚ 및 1064㎚의 레이저광은, 투영 렌즈(231a)에 의해 평행 광속으로 되고, 다이크로익 미러(231c)를 투과한 후에 투영 렌즈(31b)에 의해 수속되어, 공간광 변조 소자(32) 상에 집광된다. 투영 렌즈(231a)는, 광 파이버(221)가 출사하는 파장이 532㎚ 및 1064㎚의 레이저광에 대하여 색수차를 보정 가능한 위치 P3(도 15 참조)에 배치된다.

[0080] 그리고, 투영 렌즈(231a)와 다이크로익 미러(231c) 사이에는, 제1 셔터(231e)가 설치되어 있다. 제1 셔터(231e)는, 개방 상태일 때는 광 파이버(221)의 출사 단면(221b)으로부터 출사된 레이저광을 통과시키고, 폐쇄 상태일 때는 광 파이버(221)의 출사 단면(221b)으로부터 출사된 레이저광을 차단한다.

[0081] 투영 렌즈부(231)는, 광 파이버(222)의 출사 단면(222b)으로부터 출사된 레이저광을 공간광 변조 소자(32)에 투영하기 위한 투영 렌즈로서, 투영 렌즈(231b, 31b)를 갖는다. 투영 렌즈(231b)와 투영 렌즈(31b) 사이에는, 입사한 광을 다이크로익 미러(231c)의 반사면에 반사하는 미러(231d)가 배치된다. 광 파이버(222)의 출사 단면(222b)으로부터 출사된 파장이 266㎚ 및 355㎚의 레이저광은, 투영 렌즈(231b)에 의해 평행 광속으로 되어, 미러(231d)를 경유하여 다이크로익 미러(231c)의 반사면에서 반사된 후에 투영 렌즈(31b)에 의해 수속되어, 공간광 변조 소자(32) 상에 집광된다. 투영 렌즈(231b)는, 광 파이버(222)가 출사하는 파장이 266㎚ 및 355㎚의 레이저광에 대하여 색수차를 보정 가능한 위치 P4(도 15 참조)에 배치된다.

[0082] 그리고, 투영 렌즈(231b)와 미러(231d) 사이에는, 제2 셔터(231f)가 설치되어 있다. 제2 셔터(231f)는, 개방 상태일 때는 광 파이버(222)의 출사 단면(222b)으로부터 출사된 레이저광을 통과시키고, 폐쇄 상태일 때는 광 파이버(222)의 출사 단면(222b)으로부터 출사된 레이저광을 차단한다.

[0083] 제어부(204)는, 광원 제어부(52) 대신에 레이저 광원(21)을 제어하는 광원 제어부(252)를 갖고, 렌즈 제어부(53) 대신에 제1 셔터(231e) 및 제2 셔터(231f)의 개폐를 제어하는 셔터 제어부(253)를 갖는다.

[0084] 기억부(256)는, 각 가공 공정 및 각 가공 대상에 대응하는 레이저광의 파장, 대물 렌즈(3)의 종류, 레이저 광원(21)의 출력 강도, 제1 셔터(231e) 및 제2 셔터(231f)의 개폐에 관한 제어 조건을, 예를 들면 도 16의 조건표 T2의 제어 조건(21, 22, 23)과 같이 각각과 각 가공 공정 및 각 가공 대상의 종별을 대응지은 상태로 미리 기억한다.

[0085] 이 조건표 T2에서는, 제어 조건 21~23에 나타내는 바와 같이, 가공 공정 및 가공 대상의 종별에 대응하는 파장의 레이저광이 공간광 변조 소자(32)에 출력되도록, 제1 셔터(231e) 및 제2 셔터(231f)의 개폐가 설정되어 있다.

[0086] 예를 들면, 제어 조건 21 및 제어 조건 23에서는, 사용하는 266㎚ 레이저광이 공간광 변조 소자(32)에 출력되도록, 광 파이버(222)측의 제2 셔터(231f)가 개방 상태로 설정되고, 광 파이버(221)측의 제1 셔터(231e)는 폐쇄 상태로 설정된다. 한편, 제어 조건 22에서는, 사용하는 1064㎚ 레이저광이 공간광 변조 소자(32)에 출력되도록, 광 파이버(221)측의 제1 셔터(231e)가 개방 상태로 설정되고, 광 파이버(222)측의 제2 셔터(231f)는 폐쇄 상태로 설정된다.

[0087] 제어부(204)는, 기억부(256)가 기억하는 각 제어 조건 중, 실행해야 할 가공 공정 또는 가공 대상의 종별에 대응하는 제어 조건에 따라서, 레이저광의 파장, 대물 렌즈(3)의 종류, 레이저 광원(21)의 출력 강도, 제1 셔터(231e) 및 제2 셔터(231f)의 개폐를 제어한다. 제어부(204)는, 기억부(256)가 기억하는 파장 중 지시된 가공 공정 및 가공 대상물의 종별에 대응하는 파장의 레이저광이 공간광 변조 소자(32)에 출력되도록, 투영 렌즈부(231)에 의한 제1 셔터(231e) 및 제2 셔터(231f)의 개폐를 제어한다.

[0088] 다음으로, 레이저 가공 장치(200)에서의 레이저 가공 처리의 처리 수순에 대하여 설명한다. 도 17은 도 13에 도시하는 레이저 가공 장치(200)에서의 레이저 가공 처리의 처리 수순을 설명하는 플로우차트이다.

[0089] 가공 처리 대상의 기판(1)이 스테이지(2)에 재치되면, 도 17의 플로우차트에 나타내는 바와 같이, 제어부(204)는, 가공 공정, 및, 처리 기판의 가공 대상인 결함의 종별이나 위치를 지시하는 가공 정보를 취득하였는지의 여부를 판단한다(스텝 S21). 제어부(204)는, 가공 정보를 취득하고 있지 않다고 판단한 경우(스텝 S21 : 아니오), 가공 정보를 취득하였다고 판단할 때까지 스텝 S21의 판단 처리를 반복한다.

[0090] 제어부(204)는, 가공 정보를 취득하였다고 판단한 경우(스텝 S21 : 예), 기억부(256)가 기억하는 조건표 T2를

참조하여(스텝 S22), 참조한 조건표 T2 중으로부터, 가공 정보가 지시하는 가공 공정 또는 가공 대상의 종별에 따른 제어 조건을 선택하여 취득한다(스텝 S23). 제어부(204)는, 이 제어 조건으로서, 가공에 사용하는 레이저광의 파장, 가공에 사용하는 대물 렌즈(3)의 종류, 사용하는 결합 렌즈의 종류, 레이저 광원(21)의 출력 강도, 제1 셔터(231e) 및 제2 셔터(231f)의 개폐 조건을 취득한다.

[0091] 계속해서, 현미경 제어부(51)는, 도 6에 도시한 스텝 S5와 마찬가지로, 현미경부(101)에 대하여, 취득한 제어 조건에 따라서 가공에 사용하는 대물 렌즈(3)를 리볼버(4)에 의해 광로 상에 절환하여 배치시키는 대물 렌즈 절환 처리(스텝 S24)를 행한다. 이때, 현미경 제어부(51)는, 가공 정보에 나타내어진 결함의 위치에 기초하여, 스테이지(2)를 제어하여 기판(1)의 가공면에 위치하는 결함이 촬상부(5)의 시야 내에 들어가도록 기판(1)을 배치하고, 초준 기구(8)에 의한 합초 제어를 지시한다.

[0092] 도 6에 도시한 스텝 S7과 마찬가지로, 광원 제어부(252), 취득한 제어 조건에 따라서, 레이저 광원(21)의 레이저광의 출력 강도를 설정하는 레이저 강도 설정 처리(스텝 S25)를 행한다.

[0093] 셔터 제어부(253)는, 취득한 제어 조건에 따라서, 제1 셔터(231e) 및 제2 셔터(231f)의 개폐를 제어하는 셔터 개폐 제어 처리를 행한다(스텝 S26). 그 후, 제어부(204)는, 레이저 가공 장치(200)의 각 구성 요소를 제어하여, 예를 들면 파장이 266㎚, 355㎚, 532㎚ 및 1064㎚의 레이저광의 조사를 행하게 하여, 가공 대상인 결함을 수정 가공하는 가공 처리를 행한다(스텝 S27).

[0094] 실시 형태 2에서는, 레이저광의 파장마다 광 파이버(221, 222)를 설치하고, 사용하는 각 배율의 대물 렌즈(3)의 동공 직경에 합치한 NA로 되는 위치에 결합 렌즈(24a, 24b)를 각각 배치함으로써, 광 파이버(221, 222)의 출사 단면(221b, 222b)으로부터 조사되는 레이저광의 NA를 광 파이버(221, 222)의 입사측에서 각각 변화시키고 있다. 그리고, 레이저 가공 장치(200)에서는, 투영 렌즈부(231)에서, 사용하는 파장의 레이저광만을 통과시키도록 제1 셔터(231e) 및 제2 셔터(231f)를 개폐함으로써, 대물 렌즈(3)의 동공 직경에 합치하는 레이저광만을 공간광 변조 소자(32)에 출력한다. 즉, 레이저 가공 장치(200)에서는, 셔터 제어부(253)가, 제1 셔터(231e) 및 제2 셔터(231f) 중, 사용하는 레이저광의 파장에 맞추어 개폐 제어함으로써, 광 파이버(221, 222)로부터 출사되어 공간광 변조 소자(32)에 조사되는 레이저광의 NA를 절환하고 있다.

[0095] 이와 같이, 레이저 가공 장치(200)에서는, 대물 렌즈(3)의 동공 직경에 맞추어 레이저광의 NA를 절환함으로써, 가공에 사용하는 대물 렌즈(3)에서의 광 손실을 없앨 수 있기 때문에, 실시 형태 1과 마찬가지의 효과를 발휘한다.

[0096] 또한, 본 실시 형태 1, 2에서는, 레이저 광원(21)으로서 YAG 레이저를 이용한 경우를 예로 설명하였지만, 이에 한하지 않는다. 예를 들면, 레이저 광원으로서, 엑시머 레이저를 이용해도 된다. 구체적으로는, ArF의 경우, 파장이 193㎚의 레이저광을 출사할 수 있고, KrF의 경우, 파장이 248㎚의 레이저광을 출사할 수 있고, XeCl의 경우, 파장이 308㎚의 레이저광을 출사할 수 있고, XeF의 경우, 파장이 353㎚의 레이저광을 출사할 수 있다. 또한, 193㎚ 레이저광을 출사하는 경우에는, 광학계를 미러로 구성하기 때문에 색수차의 보정은 불필요해진다.

[0097] 또한, 10㎛ 레이저광을 사용하는 경우에는, CO_2 레이저를 이용해도 된다.

[0098] 또한, 1064㎚ 레이저광을 사용하는 경우에는, 나노초 레이저를 이용해도 된다.

[0099] 또한, 1064㎚ 레이저광을 사용하는 경우에는, Nd : YVO_4 레이저 등의 피코초 레이저를 이용해도 된다. 피코초 레이저를 이용하는 경우에는, 파장이 1030～1064㎚, 1530～1575㎚, 1064㎚, 1030㎚의 레이저광을 출사할 수 있다.

[0100] 또한, 파장이 800～1200㎚ 정도의 레이저광을 사용하는 경우에는, 펨토초 레이저를 이용할 수 있다. 이와 같이, 본 실시 형태 1, 2에 따른 레이저 가공 장치(100, 200)에서는, 심자외부터 근적외까지의 파장의 레이저광을 이용하여 결함의 수정 가공이 행해진다.

부호의 설명

[0101] 1 : 기판

2 : 스테이지

3, 3a, 3b : 대물 렌즈

4 : 리볼버

5 : 촬상부

6b, 6c, 9a, 23, 33, 223b, 231d : 미러

6 : 결상부

6a : 결상 렌즈

7 : 조명계

7a : 렌즈

7b, 9b : 하프 미러

8 : 초준 기구

10 : 결상 렌즈

21 : 레이저 광원

22, 221, 222 : 광 파이버

24, 224 : 결합 렌즈부

24a, 24b : 결합 렌즈

31, 231 : 투영 렌즈부

31a, 31b, 231a, 231b : 투영 렌즈

32 : 공조광 변조 소자

51 : 현미경 제어부

52, 252 : 광원 제어부

53 : 렌즈 제어부

54 : 입력부

55 : 표시부

56, 256 : 기억부

59 : 정보 취득부

61 : 빔 익스팬더

62 : 플라이 아이 렌즈

63 : 콜리메이트 렌즈

64 : 면광원

100, 200 : 레이저 가공 장치

101 : 현미경부

102, 202 : 레이저 조사부

103, 203 : 중간 경통부

104, 204 : 제어부

111 : 결함 검사 장치

112 : 네트워크

113 : 생산 데이터 관리 서버

114 : 결함 정보 관리 서버

115 : 결함 정보 데이터베이스

116 : 리뷰 검사 장치

231e : 제1 셔터

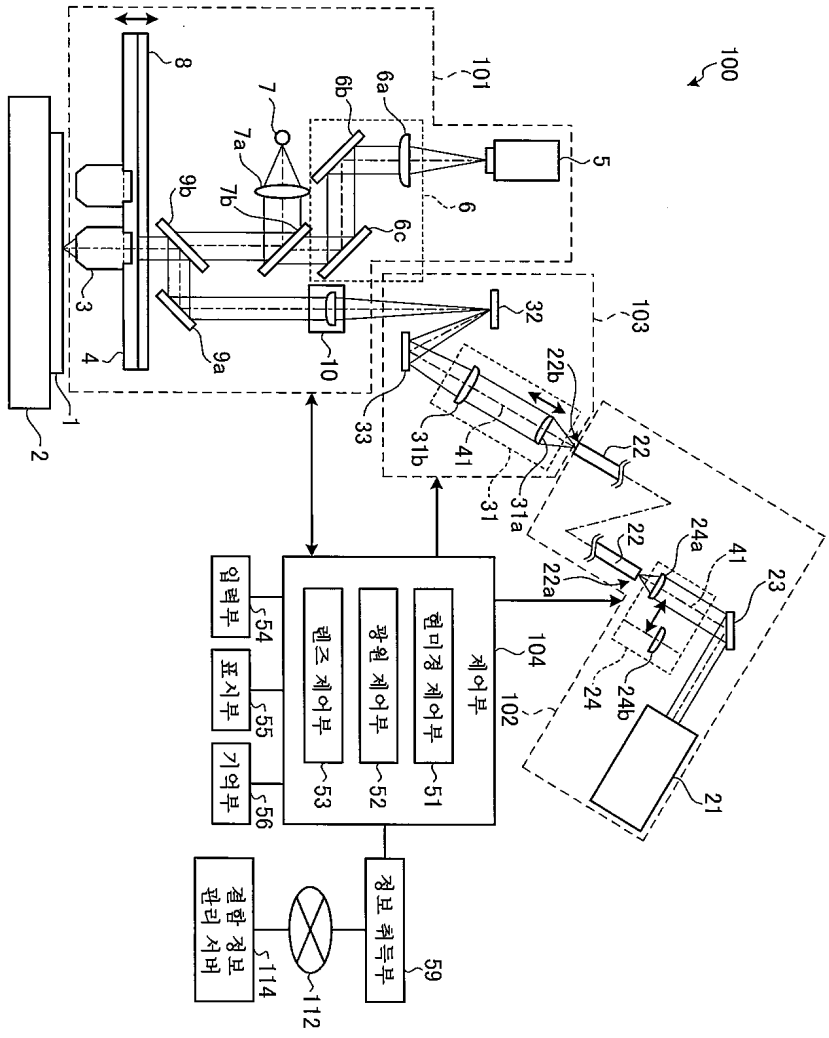
231f : 제2 셔터

231c, 223a : 다이크로익 미러

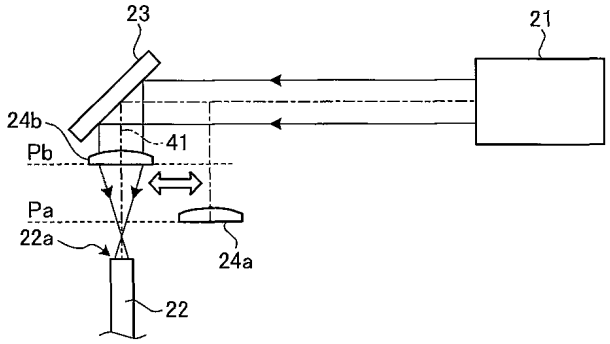
253 : 셔터 제어부

도면

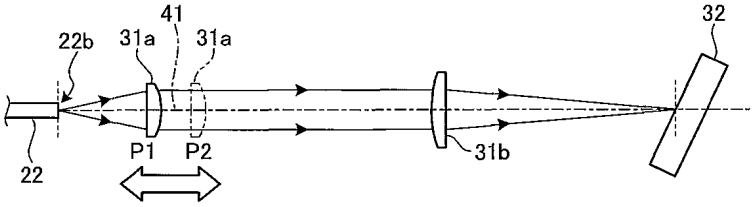
도면1



도면2



도면3

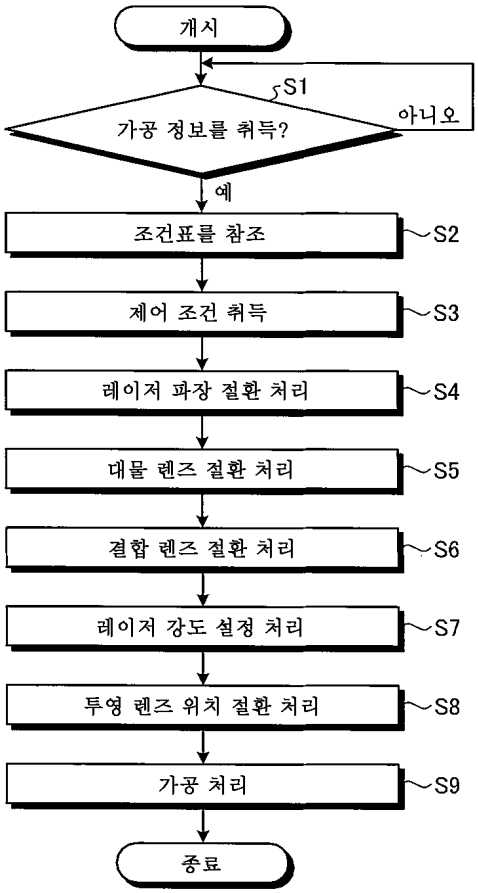


도면4

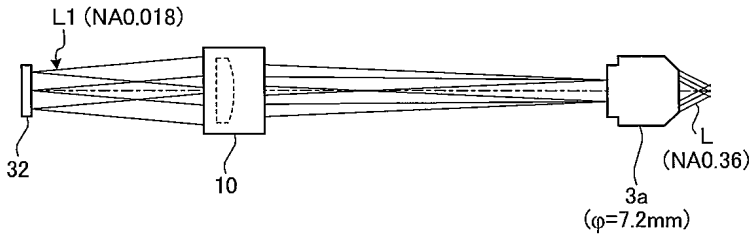
T1

제어 조건	1	2	3	…
공정·품종	에칭 전	에칭 후	결함 1	…
파장	266nm	1064nm	266nm	…
가공용 대물 렌즈의 종류	20X	50X	50X	…
결합 렌즈 종류	f=18.5mm (24a)	f=41.7mm (24b)	f=41.7mm (24b)	…
레이저 강도비	1	1.6	2	…
투영 렌즈 포지션	위치P1	위치P2	위치P1	…

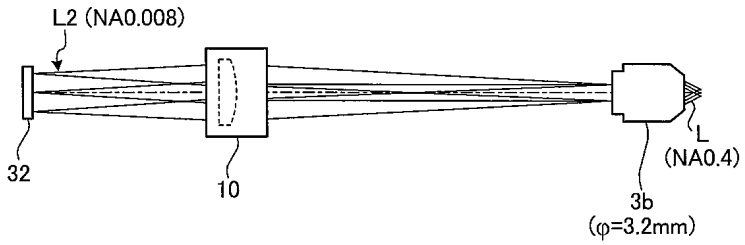
도면5


개시
S1
가공 정보를 취득?
아니오
예
조건표를 참조
S2
제어 조건 취득
S3
레이저 파장 절환 처리
S4
대물 렌즈 절환 처리
S5
결합 렌즈 절환 처리
S6
레이저 강도 설정 처리
S7
투영 렌즈 위치 절환 처리
S8
가공 처리
S9
종료

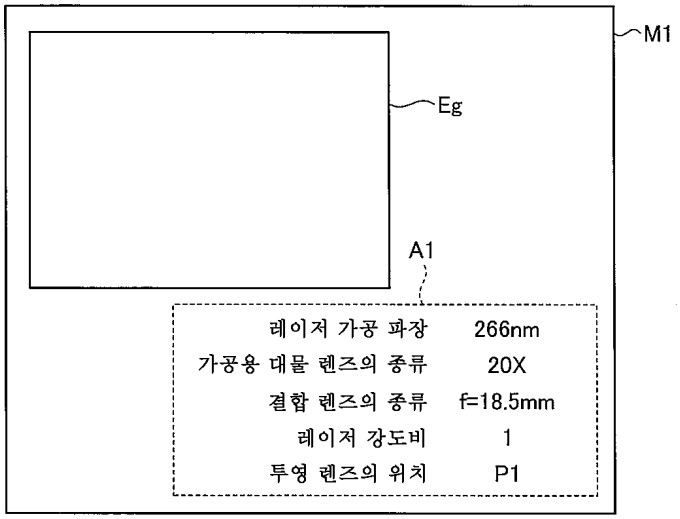
도면6


L1 (NA0.018)
32
10
L
(NA0.36)
3a
(φ=7.2mm)

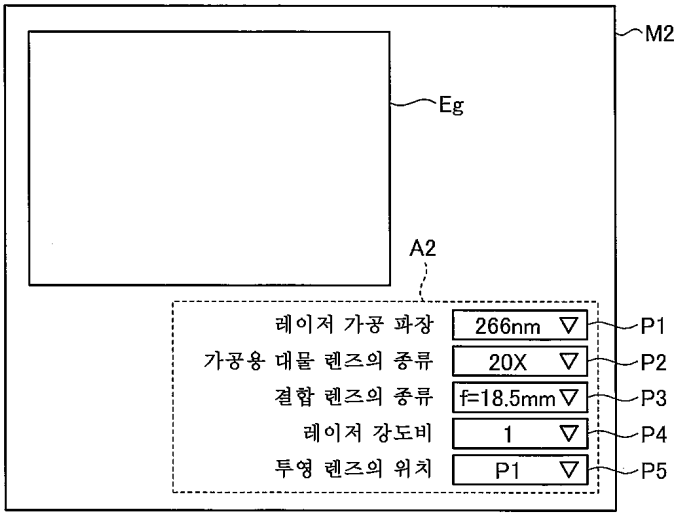
도면7


L2 (NA0.008)
32
10
L
(NA0.4)
3b
(φ=3.2mm)

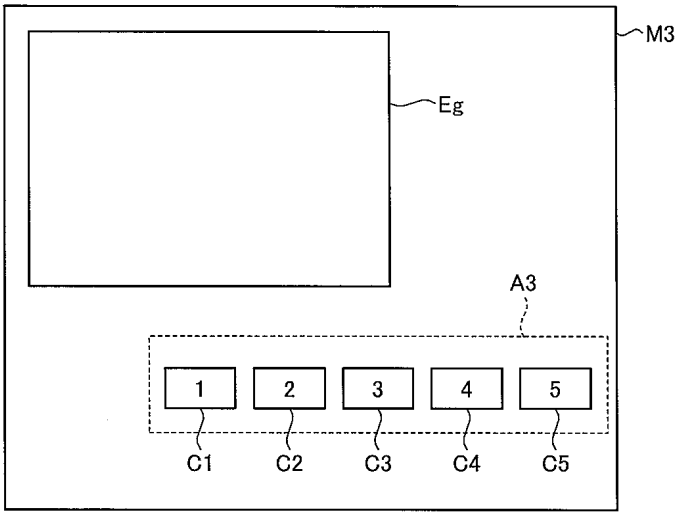
도면8


M1
Eg
A1
레이저 가공 파장 266nm
가공용 대물 렌즈의 종류 20X
결합 렌즈의 종류 f=18.5mm
레이저 강도비 1
투영 렌즈의 위치 P1

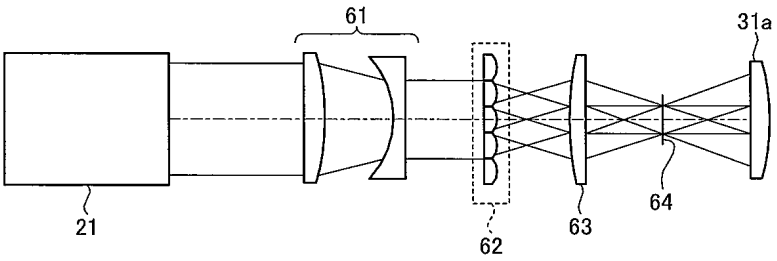
도면9


M2
Eg
A2
레이저 가공 파장 266nm P1
가공용 대물 렌즈의 종류 20X P2
결합 렌즈의 종류 f=18.5mm P3
레이저 강도비 1 P4
투영 렌즈의 위치 P1 P5

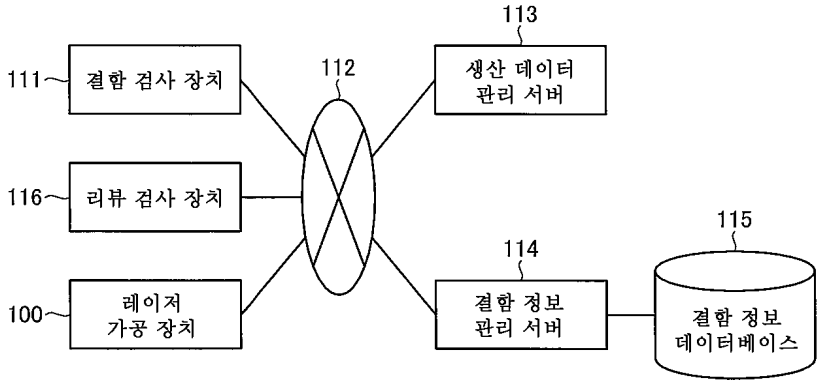
도면10


M3
Eg
A3
1
2
3
4
5
C1
C2
C3
C4
C5

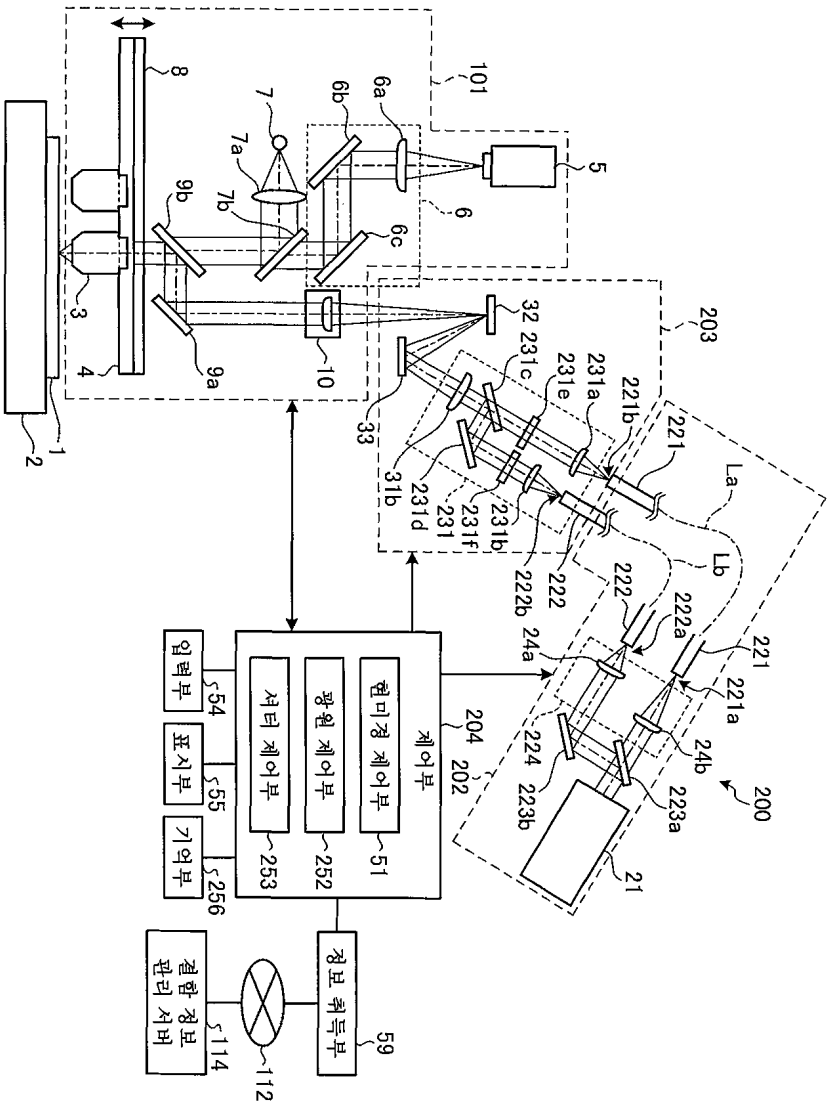
도면11


61
31a
21
62
63
64

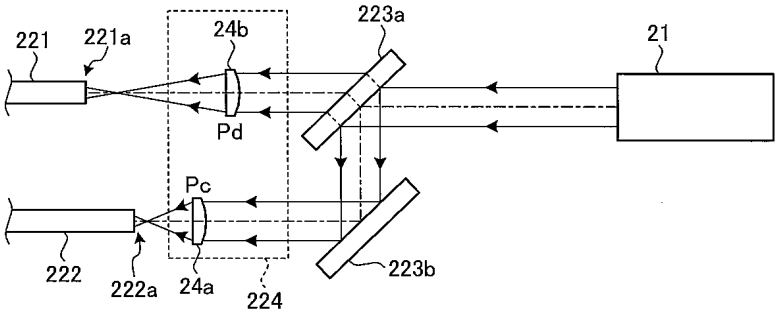
도면12


113
111
결함 검사 장치
112
생산 데이터
관리 서버
116
리뷰 검사 장치
115
114
100
레이저
가공 장치
결함 정보
관리 서버
결함 정보
데이터베이스

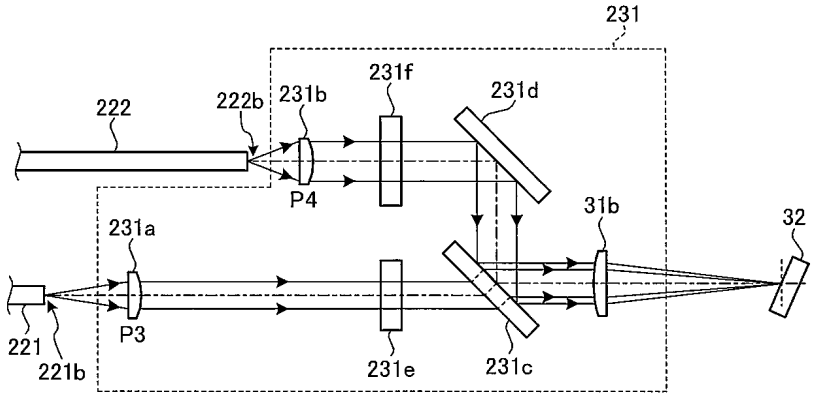
도면13


제어부
현미경 제어부
광원 제어부
셔터 제어부
입력부
표시부
기억부
정보 취득부
결합 정보 관리 서버
101
203
200
202
204
51
252
253
54
55
256
59
112
114
1
2
3
4
5
6
6a
6b
6c
7
7a
7b
8
9a
9b
10
21
221
221a
221b
222
222a
222b
223a
223b
224
24a
24b
31b
32
33
231
231a
231b
231c
231d
231e
231f
La
Lb

도면14


221
221a
24b
Pd
223a
21
Pc
222
222a
24a
224
223b

도면15

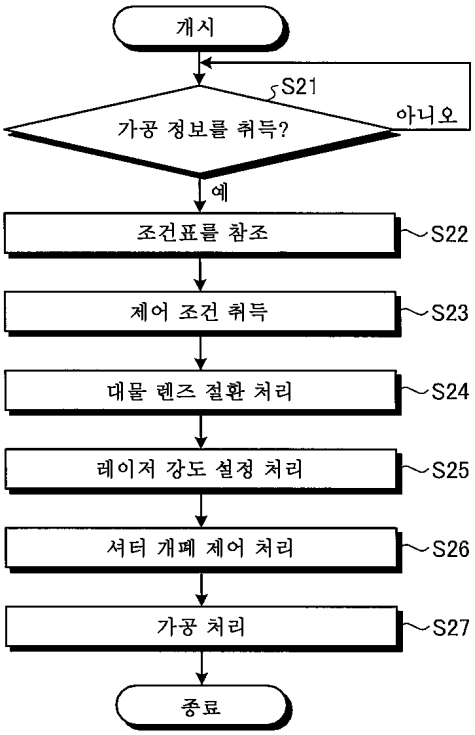


도면16

T2

제어 조건	21	22	23	…
공정 · 품종	에칭 전	에칭 후	결함 1	…
파장	266nm	1064nm	266nm	…
가공용 대물 렌즈의 종류	20X	50X	50X	…
레이저 강도비	1	1.6	2	…
제1 셔터	폐	개	폐	…
제2 셔터	개	폐	개	…

도면17


개시
S21
가공 정보를 취득?
아니오
예
조건표를 참조
S22
제어 조건 취득
S23
대물 렌즈 절환 처리
S24
레이저 강도 설정 처리
S25
셔터 개폐 제어 처리
S26
가공 처리
S27
종료