

특허청구의 범위

청구항 1

소정의 패턴이 형성된 기판에 대하여 레이저 광을 조사해서 상기 기판상의 결함의 수정 처리를 행하는 레이저 가공 장치로서,

상기 기판을 재치(載置)함과 동시에, 그 기판의 일부를 확대한 화상을 취득하는 촬상부에 대하여 상대적으로 이동 가능한 스테이지와,

상기 스테이지의 이동을 제어함과 동시에, 상기 수정 처리를 행하는 결함 수정 위치에 상기 스테이지를 이동시키는 스테이지 제어부와,

상기 스테이지 제어부에 의한 스테이지 이동에 의해 이동한 상기 결함 수정 위치에서 촬상된 촬상 화상과 정상 패턴인 참조 화상을 비교하는 매칭부와,

상기 매칭부에 의한 판정에 기초하여 레이저 광을 조사하는 영역을 조사부로 하고, 그 밖의 부분을, 레이저 광이 조사되지 않는 영역을 비조사부로 하는 마스크 화상을, 상기 참조 화상을 바탕으로, 전체적으로 상기 참조 화상과 동일한 패턴이 되도록 복수 생성하는 마스크 생성부와,

레이저 광원으로부터의 레이저 광의 광속 단면 형상을 상기 마스크 화상에 따른 형상으로 정형하는 광속 정형 수단

을 구비하고,

상기 마스크 생성부는, 상기 마스크 화상 내에 상기 조사부를 복수 갖는 경우, 각 조사부 간의 거리가 소정 거리 이상이 되도록 마스크 화상을 생성하는 것을 특징으로 하는 레이저 가공 장치.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 광속 정형 수단은, 2차원 변조 소자를 포함하는 것을 특징으로 하는 레이저 가공 장치.

청구항 3

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 마스크 생성부는, 상기 기판 또는 레이저 가공면 상의 열전도율, 열흡수율, 비열, 막 두께, 밀도, 및 레이저 조사의 에너지, 조사 크기에 기초하여 마스크 화상을 생성하는 것을 특징으로 하는 레이저 가공 장치.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 결함 수정 위치에 있어서 존재하는 결함 영역을 추출하는 추출부를 더 구비하고,

상기 마스크 생성부는, 상기 결함 영역에 따른 조사부를 형성하는 것을 특징으로 하는 레이저 가공 장치.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 마스크 생성부는, 상기 레이저 광을 조사하는 영역을 분할하고, 상기 소정 거리 이상이 되도록 그 분할한 영역에 조사부를 각각 형성하는 것을 특징으로 하는 레이저 가공 장치.

청구항 6

소정의 패턴이 형성된 기판에 대하여 레이저 광을 조사해서 상기 기판상의 결함의 수정 처리를 행하는 레이저 가공 방법으로서,

상기 기판을 재치하는 스테이지를, 상기 수정 처리를 행하는 결함 수정 위치로 이동시키는 스테이지 이동 스텝

과,

상기 스테이지 이동 스텝에 의해 이동한 상기 결함 수정 위치에서 상기 기관의 화상을 촬상하는 촬상 스텝과,

상기 촬상 스텝에 의해 촬상된 촬상 화상과 정상 패턴인 참조 화상을 비교하는 매칭 스텝과,

상기 매칭 스텝에 의한 판정에 기초하여 레이저 광을 조사하는 영역을 조사부로 하고, 그 밖의 부분을, 레이저 광이 조사되지 않는 영역을 비조사부로 하는 마스크 화상을, 상기 참조 화상을 바탕으로, 전체적으로 상기 참조 화상과 동일한 패턴이 되도록 복수 생성하는 마스크 생성 스텝과,

레이저 광원으로부터의 레이저 광의 광속 단면 형상을 상기 마스크 화상에 따른 형상으로 정형하는 광속 정형 스텝

을 포함하고,

상기 마스크 생성 스텝은, 상기 마스크 화상 내에 상기 조사부를 복수 갖는 경우, 각 조사부 간의 거리가 소정 거리 이상이 되도록 마스크 화상을 생성하는 것을 특징으로 하는 레이저 가공 방법.

청구항 7

소정의 패턴이 형성된 기관에 대하여 레이저 광을 조사해서 상기 기관상의 결함의 수정 처리를 컴퓨터에 실행시키기 위한 레이저 가공 프로그램을 기록한 컴퓨터가 판독 가능한 기록 매체로서,

상기 기관을 재치하는 스테이지를, 상기 수정 처리를 행하는 결함 수정 위치로 이동시키는 스테이지 이동 수순과,

상기 스테이지 이동 수순에 의해 이동한 상기 결함 수정 위치에서 상기 기관의 화상을 촬상하는 촬상 수순과,

상기 촬상 수순에 의해 촬상된 촬상 화상과 정상 패턴인 참조 화상을 비교하는 매칭 수순과,

상기 매칭 수순에 의한 판정에 기초하여 레이저 광을 조사하는 영역을 조사부로 하고, 그 밖의 부분을, 레이저 광이 조사되지 않는 영역을 비조사부로 하는 마스크 화상을, 상기 참조 화상을 바탕으로, 전체적으로 상기 참조 화상과 동일한 패턴이 되도록 복수 생성하는 마스크 생성 수순과,

레이저 광원으로부터의 레이저 광의 광속 단면 형상을 상기 마스크 화상에 따른 형상으로 정형하는 광속 정형 수순

을 포함하고,

상기 마스크 생성 수순은, 상기 마스크 화상 내에 상기 조사부를 복수 갖는 경우, 각 조사부 간의 거리가 소정 거리 이상이 되도록 마스크 화상을 생성하는 것을 특징으로 하는 레이저 가공 프로그램을 기록한 컴퓨터가 판독 가능한 기록 매체.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은, 각종 기관에 대한 패터닝 프로세스시에 발생한 패터닝 에러(결함)를 수복하기 위한 레이저 가공 장치, 레이저 가공 방법 및 레이저 가공 프로그램에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 종래, 액정 디스플레이(LCD:Liquid Crystal Display), PDP(Plasma Display Panel), 유기 EL(Electro Luminescence) 디스플레이 등의 FPD(Flat Panel Display) 기관이나, 반도체 웨이퍼나, 프린트 기관 등, 각종 기관의 제조에서는, 그 수율을 향상하기 위해서, 각 패터닝 프로세스 후에, 순차, 배선의 단락이나 접속 불량이나 단선이나 패턴 불량 등의 패터닝 에러(결함)가 존재하는지의 여부가 검사된다. 그 검사 결과, 결함이 존재하면, 수시로 그 에러 부위가 수정된다.

[0003] 상술한 결함을 수정하는 기술로는, 결함 부위에 레이저 광을 조사해서 수정하는, 소위 레이저 리페어라고 불리는 기술이 존재한다(예를 들어, 특허 문헌 1을 참조). 특허 문헌 1이 개시하는 결함 수정 방법(레이저 가공 장치)에서는, 피가공물의 패턴 화상과 정상 패턴 화상(참조 화상)의 비교를 행해서 패턴의 결함을 검출하는 동시에, 정상 패턴 화상으로부터 얻어지는 피가공물의 패턴에 따른 레이저 광 조사 영역 및 비조사 영역을 설치한

마스크 화상을 생성하고, 이 마스크 화상 및 DMD 등의 미소 미러 어레이(공간 변조 소자)를 사용해서 레이저 광의 단면 형상을 그 패턴에 따라서 성형하여, 피가공물에 레이저 광을 조사함으로써 결함 수정을 행한다. 이 결함 수정 방법으로는, 결함이 있는 패턴의 원하는 패턴으로의 재성형이나, 패턴 근방에 존재하는 결함의 제거가 가능하다. 또한, 이 결함 수정 방법에 따르면, 상기와 같은 결함에 한하지 않고, 기관 표면에 부착된 파티클이나 레지스트 등의 이물질도 제거하는 것이 가능하다.

선행기술문헌

특허문헌

[0004] (특허문헌 0001) 일본 특허 출원 공개 제2011-194432호 공보

발명의 내용

해결하려는 과제

[0005] 그런데, 특허 문헌 1이 개시하는 종래의 결함 수정 방법에서는, 레이저 광의 단면 형상을 피가공물의 조사 대상의 패턴에 따른 마스크 화상을 성형한다. 도 23은, 종래의 레이저 가공 장치에서의 참조 화상의 일례를 나타내는 모식도다. 예를 들어, 도 23에 도시한 바와 같이, 참조 화상(Dr100) 위에 조사 대상의 3개의 패턴부(P101 내지 P103)가 형성되어 있을 경우, 레이저 광의 단면 형상을 정형하기 위한 마스크 화상(Dm100)(마스크 정보)을 생성한다. 마스크 화상(Dm100)에는, 3개의 패턴부(P101 내지 P103)에 따른 레이저 광의 조사 영역인 조사부(Pm101 내지 Pm103)가 설치되고, 그 밖의 영역은 레이저 광이 조사되지 않는 비조사 영역으로 되어 있다(도 24의 (a)).

[0006] 여기서, 마스크 화상(Dm100)에 형성된 각 조사부(Pm101 내지 Pm103)의 간격이 좁을 경우, 특히, 근자외광 이상의 파장대의 레이저 광을 사용할 경우에, 가공되는 패턴 형상의 가공 정밀도가 저하하는 경우가 있었다. 그 원인의 하나로서, 피가공물의 가공면에 사용되는 재료의 열전도율에 의한 레이저 광의 열 분포의 프로파일의 변화를 들 수 있다. 도 24의 (b) 및 24의 (c)는, 피가공물의 가공면 위에서의 레이저 광 조사시의 에너지 분포를 도시하고 있다. 예를 들어, 피가공물의 가공면에 사용되는 재료의 열전도율이나 열흡수율이 낮은, 또는 비열이 큰 경우에는, 도 24의 (b)에 도시하는 그래프와 같이, 조사부(Pm101 내지 Pm103)에 따른 열에너지 곡선(L1)에 나타나는 열 분포 프로파일이 된다. 한편, 피가공물의 가공면에 사용되는 재료의 열전도율이나 열흡수율이 높은, 또는 비열이 작은 경우에는, 도 24의 (c)에 도시하는 그래프와 같이, 열에너지 곡선(L2)에 나타나는 열 분포 프로파일이 되어, 조사부(Pm101 내지 Pm103) 사이에서의 레이저 광의 비조사 영역에도 레이저 광의 열이 가해지게 된다. 또한, 그래프 중의 곡선(L3)은, 1개의 조사부에서의 이상적인 열 분포 프로파일을 나타내고 있다.

[0007] 도 24의 (c)에 도시하는 열에너지 곡선(L2)에 나타나는 열 분포 프로파일로 피가공물에 레이저 광이 조사되었을 경우, 도 25에 도시하는 활상 화상(Da100)과 같이, 패턴부(P101 내지 P103)(도 23 참조)에서 인접하는 패턴부끼리 연결된 패턴부(P104)가 형성된다. 또한, 레이저 광의 조사 영역 및 비조사 영역이 반대인 것이어도 비조사 영역의 간격에 의해 마찬가지로 문제가 발생하여, 레이저 광을 조사해서 결함을 수정했을 때에, 비 제거 대상인 패턴을 제거해버릴 우려가 있다. 이와 같이, 패턴부의 배치에 따라서는, 레이저 광의 조사 영역이 원하는 패턴에 대응하지 않아, 원하는 레이저 가공을 할 수 없다는 우려가 있었다.

[0008] 본 발명은, 상기의 문제를 감안해서 이루어진 것이며, 복수의 패턴부의 배치에 관계없이, 레이저 가공을 정확하게 행하는 것이 가능한 레이저 가공 장치, 레이저 가공 방법 및 레이저 가공 프로그램을 기록한 컴퓨터가 판독 가능한 기록 매체를 제공하는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

[0009] 상술한 과제를 해결하고 목적을 달성하기 위해서, 본 발명에 관한 레이저 가공 장치는, 소정의 패턴이 형성된 기관에 대하여 레이저 광을 조사해서 상기 기관상의 결함의 수정 처리를 행하는 레이저 가공 장치이며, 상기 기관을 재치(載置)하는 동시에, 상기 기관의 일부를 확대한 화상을 취득하는 촬상부에 대하여 상대적으로 이동 가능한 스테이지와, 상기 스테이지의 이동을 제어하는 동시에, 상기 수정 처리를 행하는 결함 수정 위치에 상기 스테이지를 이동시키는 스테이지 제어부와, 상기 스테이지 제어부에 의한 스테이지 이동에 의해 이동한 상기 결

함 수정 위치에서 활상된 활상 화상과 정상 패턴인 참조 화상을 비교하는 매칭부와, 상기 매칭부에 의한 판정에 기초하여 레이저 광을 조사하는 영역을 조사부로 하고, 그 밖의 부분을, 레이저 광이 조사되지 않는 영역을 비조사부로 하는 마스크 화상을, 상기 참조 화상을 바탕으로, 전체적으로 상기 참조 화상과 동일한 패턴이 되도록 복수 생성하는 마스크 생성부와, 레이저 광원으로부터의 레이저 광의 광속 단면 형상을 상기 마스크 화상에 따른 형상으로 정형하는 광속 정형 수단을 구비하고, 상기 마스크 생성부는, 상기 마스크 화상 내에 상기 조사부를 복수 갖는 경우, 각 조사부 간의 거리가 소정 거리 이상이 되도록 마스크 화상을 생성하는 것을 특징으로 한다.

[0010] 또한, 본 발명에 관한 레이저 가공 장치는, 상기의 발명에서, 상기 광속 정형 수단은, 2차원 변조 소자를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0011] 또한, 본 발명에 관한 레이저 가공 장치는, 상기의 발명에서, 상기 마스크 생성부는, 상기 기관 또는 레이저 가공면 상의 열전도율, 열흡수율, 비열, 막 두께, 밀도, 및 레이저 조사의 에너지, 조사 크기에 기초하여 마스크 화상을 생성하는 것을 특징으로 한다.

[0012] 또한, 본 발명에 관한 레이저 가공 장치는, 상기의 발명에서, 상기 결합 수정 위치에 있어서 존재하는 결합 영역을 추출하는 추출부를 더 구비하고, 상기 마스크 생성부는, 상기 결합 영역에 따른 조사부를 형성하는 것을 특징으로 한다.

[0013] 또한, 본 발명에 관한 레이저 가공 장치는, 상기의 발명에서, 상기 마스크 생성부는, 상기 레이저 광을 조사하는 영역을 분할하고, 상기 소정 거리 이상이 되도록 상기 분할한 영역에 조사부를 각각 형성하는 것을 특징으로 한다.

[0014] 또한, 본 발명에 관한 레이저 가공 방법은, 소정의 패턴이 형성된 기관에 대하여 레이저 광을 조사해서 상기 기관상의 결합의 수정 처리를 행하는 레이저 가공 방법이며, 상기 기관을 재치하는 스테이지를, 상기 수정 처리를 행하는 결합 수정 위치로 이동시키는 스테이지 이동 스텝과, 상기 스테이지 이동 스텝에 의해 이동한 상기 결합 수정 위치에서 상기 기관의 화상을 활상하는 활상 스텝과, 상기 활상 스텝에 의해 활상된 활상 화상과 정상 패턴인 참조 화상을 비교하는 매칭 스텝과, 상기 매칭 스텝에 의한 판정에 기초하여 레이저 광을 조사하는 영역을 조사부로 하고, 그 밖의 부분을, 레이저 광이 조사되지 않는 영역을 비조사부로 하는 마스크 화상을, 상기 참조 화상을 바탕으로, 전체적으로 상기 참조 화상과 동일한 패턴이 되도록 복수 생성하는 마스크 생성 스텝과, 레이저 광원으로부터의 레이저 광의 광속 단면 형상을 상기 마스크 화상에 따른 형상으로 정형하는 광속 정형 스텝을 포함하고, 상기 마스크 생성 스텝은, 상기 마스크 화상 내에 상기 조사부를 복수 갖는 경우, 각 조사부 간의 거리가 소정 거리 이상이 되도록 마스크 화상을 생성하는 것을 특징으로 한다.

[0015] 또한, 본 발명에 관한 레이저 가공 프로그램을 기록한 컴퓨터가 판독 가능한 기록 매체는, 소정의 패턴이 형성된 기관에 대하여 레이저 광을 조사해서 상기 기관상의 결합의 수정 처리를 컴퓨터에 실행시키기 위한 레이저 가공 프로그램이며, 상기 기관을 재치하는 스테이지를, 상기 수정 처리를 행하는 결합 수정 위치로 이동시키는 스테이지 이동 수순과, 상기 스테이지 이동 수순에 의해 이동한 상기 결합 수정 위치에서 상기 기관의 화상을 활상하는 활상 수순과, 상기 활상 수순에 의해 활상된 활상 화상과 정상 패턴인 참조 화상을 비교하는 매칭 수순과, 상기 매칭 수순에 의한 판정에 기초하여 레이저 광을 조사하는 영역을 조사부로 하고, 그 밖의 부분을, 레이저 광이 조사되지 않는 영역을 비조사부로 하는 마스크 화상을, 상기 참조 화상을 바탕으로, 전체적으로 상기 참조 화상과 동일한 패턴이 되도록 복수 생성하는 마스크 생성 수순과, 레이저 광원으로부터의 레이저 광의 광속 단면 형상을 상기 마스크 화상에 따른 형상으로 정형하는 광속 정형 수순을 포함하고, 상기 마스크 생성 수순은, 상기 마스크 화상 내에 상기 조사부를 복수 갖는 경우, 각 조사부 간의 거리가 소정 거리 이상이 되도록 마스크 화상을 생성하는 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

[0016] 본 발명에 따르면, 1개의 참조 화상에 대하여, 레이저 광 조사 대상의 패턴부의 배치에 따른 복수의 마스크 정보를 생성하고, 각각의 마스크 화상에 따른 단면 형상을 이루는 레이저 광을 조사하도록 했기 때문에, 복수의 패턴부의 배치에 관계없이, 레이저 가공을 정확하게 행하는 것이 가능하다는 효과를 발휘한다.

도면의 간단한 설명

[0017] 도 1은, 본 발명의 실시 형태에 관한 레이저 가공 장치에 내장되는 결합 수정 방법의 개략을 설명하기 위한 개념도다.

- 도 2는, 본 발명의 실시 형태에 관한 레이저 가공 장치의 개략 구성을 도시하는 모식도다.
- 도 3은, 본 발명의 실시 형태에 관한 레이저 가공 장치가 행하는 레이저 가공 처리를 포함하는 결합 수정 처리의 개략 플로우를 도시하는 흐름도다.
- 도 4는, 본 발명의 실시 형태에 관한 결합 수정 대상의 화상의 일례를 나타내는 모식도다.
- 도 5는, 본 발명의 실시 형태에 관한 레이저 가공 장치의 기억부에 기억되는 참조 화상의 일례를 나타내는 모식도다.
- 도 6은, 본 발명의 실시 형태에 관한 결합 추출 화상의 일례를 나타내는 모식도다.
- 도 7은, 본 발명의 실시 형태에 관한 레이저 가공 장치의 미소 미러 어레이에서의 각 미러의 온과 오프를 나타내는 모식도다.
- 도 8은, 본 발명의 실시 형태에 관한 레이저 가공 장치의 기억부에 기억되는 참조 화상의 일례를 나타내는 모식도다.
- 도 9는, 본 발명의 실시 형태에 관한 레이저 가공 장치에서 생성되는 제1 마스크 화상의 일례를 나타내는 모식도다.
- 도 10은, 본 발명의 실시 형태에 관한 레이저 가공 장치에서 생성되는 제2 마스크 화상의 일례를 나타내는 모식도다.
- 도 11은, 본 발명의 실시 형태에 관한 레이저 가공 장치의 결합 수정 처리의 일례를 나타내는 모식도다.
- 도 12는, 본 발명의 실시 형태에 관한 레이저 가공 장치의 결합 수정 처리의 일례를 나타내는 모식도다.
- 도 13은, 본 발명의 실시 형태에 관한 레이저 가공 장치의 결합 수정 처리의 일례를 나타내는 모식도다.
- 도 14는, 본 발명의 실시 형태에 관한 레이저 가공 장치의 결합 수정 처리의 일례를 나타내는 모식도다.
- 도 15는, 본 발명의 실시 형태에 관한 레이저 가공 장치의 결합 수정 처리의 일례를 나타내는 모식도다.
- 도 16은, 본 발명의 실시 형태의 변형예 1에 관한 레이저 가공 장치에서 생성되는 제1 마스크 화상을 도시하는 모식도다.
- 도 17은, 본 발명의 실시 형태의 변형예 1에 관한 레이저 가공 장치에서 생성되는 제2 마스크 화상을 도시하는 모식도다.
- 도 18은, 본 발명의 실시 형태의 변형예 2에 관한 레이저 가공 장치에서 생성되는 제1 마스크 화상을 도시하는 모식도다.
- 도 19는, 본 발명의 실시 형태의 변형예 2에 관한 레이저 가공 장치에서 생성되는 제2 마스크 화상을 도시하는 모식도다.
- 도 20은, 본 발명의 실시 형태의 변형예 3에 관한 레이저 가공 장치의 기억부에 기억되는 참조 화상의 일례를 나타내는 모식도다.
- 도 21은, 본 발명의 실시 형태의 변형예 3에 관한 레이저 가공 장치에서 생성되는 제1 마스크 화상을 도시하는 모식도다.
- 도 22는, 본 발명의 실시 형태의 변형예 3에 관한 레이저 가공 장치에서 생성되는 제2 마스크 화상을 도시하는 모식도다.
- 도 23은, 종래의 레이저 가공 장치에서의 참조 화상의 일례를 나타내는 모식도다.
- 도 24는, 종래의 레이저 가공 장치에서 생성되는 마스크 화상의 일례 및 열 분포 프로파일을 도시하는 모식도다.
- 도 25는, 종래의 레이저 가공 장치에서의 레이저 조사 후의 화상의 일례를 나타내는 모식도다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0018] 이하, 본 발명을 실시하기 위한 형태를 도면과 함께 상세하게 설명한다. 또한, 이하의 실시 형태에 의해 본 발

명이 한정되는 것은 아니다. 또한, 이하의 설명에서 참조하는 각 도면은, 본 발명의 내용을 이해할 수 있을 정도로 형상, 크기, 및 위치 관계를 개략적으로 나타내고 있는 것에 지나지 않는다. 즉, 본 발명은 각 도면에서 예시된 형상, 크기, 및 위치 관계에만 한정되는 것이 아니다.

- [0019] (실시 형태 1)
- [0020] 이하, 본 발명의 실시 형태 1에 의한 레이저 가공 장치, 레이저 가공 방법 및 레이저 가공 프로그램을, 도면을 사용해서 상세하게 설명한다.
- [0021] 도 1은, 본 실시 형태 1에 의한 레이저 가공 장치(100)(도 2 참조)에 내장되는 결함 추적 방법의 개략을 설명하기 위한 개념도다. 본 실시 형태 1에서, 레이저 가공 장치(100)에는, 예를 들어 AOI(Automated Optical Inspection) 시스템 등의 외부 검사 수단으로 특정된 결함의 좌표가 입력된다. 이하, 본 설명에서, 패터닝 에러나, 기관 표면에 부착된 파티클이나 레지스트 등의 이물질을 간단히 결함이라고 한다. 이 좌표를, 다른 좌표와 구별하기 위해 결함 좌표라고 한다. 결함 좌표는, 1개의 결함에 1개씩 주어진다. 또한, 이하의 설명에서, 좌표란, 기관(이하, 워크라고 함)이 재치되는 스테이지 상면 혹은 스테이지를 지지하는 하우스 상에 설치된 기준 위치를 원점으로 한 워크 표면 혹은 스테이지 상면에서의 2차원 좌표를 말한다.
- [0022] 본 실시 형태 1에 의한 레이저 가공 장치(100)가 실행하는 결함 수정 방법에서는, 도 1의 (a)에 도시한 바와 같이, 우선, 리페어 대상 기관(이하, 워크라고 함) 표면에서의 입력된 결함 좌표에 기초하여 워크를 이동하고, 레이저 가공 장치(100)에서의 현미경부(110)(대물 렌즈)의 시야 영역(R1) 내에 결함이 찍히도록 스테이지(116)를 제어한다. 계속해서, 현미경부(110)가 대물 렌즈(M15)의 시야 영역(R1)을 촬상함으로써 얻어진 화상을 해석함으로써, 이 화상에 포함된 결함(G)의 영역(인식 결함 영역)(G1)을 특정한다. 단, 해석하는 영역은, 화상 전체가 아니라, 화상 전체에 상당하는 시야 영역(R1)보다 작은 특정한 인식 영역(R2)이어도 좋다. 또한, 이 인식 영역(R2)을 시야 영역(R1) 내에 복수 설정해도 좋다.
- [0023] 또한, 본 실시 형태 1에 관한 현미경부에서는, 대물 렌즈(M15)로서, 예를 들어 1배, 2배, 5배의 비교적 배율이 낮은 대물 렌즈(이하, "저배율 대물 렌즈"라고 함)와, 10배, 20배, 50배의 저배율 대물 렌즈의 배율에 대하여 고배율인 대물 렌즈(이하, "고배율 대물 렌즈"라고 함)가 적어도 하나씩 리볼버에 장착되어, 대물 렌즈의 전환이 가능하다. 저배율 대물 렌즈 및 고배율 대물 렌즈의 배율은 일레이며, 고배율 대물 렌즈가 저배율 대물 렌즈에 대해 높으면 된다. 또한, 이때(시야 영역(R1))의 대물 렌즈(M15)는 저배율 대물 렌즈다.
- [0024] 또한, 이 결함 수정 방법에서는, 상기에서 특정한 인식 결함 영역(G1)의 무게 중심(C1)의 좌표를 특정하고(도 1의 (a) 참조), 계속해서, 결함(G)의 시야 영역(R1)(또는 인식 영역(R2)) 밖까지 연장하는 부분(인식의 결함 영역(G2))을 추적하는 추적 처리(S1)를 실행한다. 본 실시 형태 1에서는, 이 추적 처리(S1)로서, 도 1의 (b)에 도시하는 바와 같은, 도 1의 (a)에서 특정한 무게 중심(C1)을 레이저 가공 장치(100)의 현미경부에 의한 시야 영역(R1)의 중심으로 끌어들이는 처리(센터링)를 행하는 경우를 예로 든다. 이 끌어들이에 의해, 도 1의 (b)에 도시한 바와 같이, 결함(G) 중 시야 영역(R1) 밖이었던 인식외 결함 영역(G2)의 적어도 일부 혹은 전체가 시야 영역(R1) 내로 끌어 들여지기 때문에, 이 끌어 들여진 부분에 대한 레이저 리페어가 가능해진다. 단, 이 추적 처리(S1)는, 예를 들어 산출한 무게 중심(C1)의 좌표가, 인식 영역(R2)의 외측 단부 가까이, 즉 인식 영역(R2) 내이며 중심 영역(R3) 이외에 포함되는 경우에만 실행되어도 좋다.
- [0025] 계속해서, 이 결함 수정 방법에서는, 도 1의 (c)에 도시한 바와 같이, 끌어들이 후의 시야 영역(R1)을 촬상함으로써 얻어진 화상에 포함되는 인식 결함 영역(G1a)을 특정하고, 이 인식 결함 영역(G1a)에 대하여 할당하는 1개 이상의 쏠(shot) 영역(수정 영역)(E1 내지 E5)의 중심 좌표(리페어 좌표)(c1 내지 c5)를 각각 산출하는 리페어 좌표 산출 처리(S2)를 실행한다.
- [0026] 다음으로, 대물 렌즈(M15)를 고배율 대물 렌즈(레이저 가공 대물 렌즈)로 전환하고, 쏠 영역(수정 영역)(E1 내지 E5)의 중심 좌표(리페어 좌표)(c1 내지 c5)에 순차 스테이지(116)를 이동시켜서 센터링하여, 현미경부(110)이 레이저 가공 대물 렌즈의 시야 내의 화상을 촬상한다. 현미경부(110)에 의해 촬상된 피검사 화상을, 미리 레시피로서 기억부(107)에 기억되어 있는 참조 화상과 매칭시켜 마스크 화상을 작성한다. 또한, 레이저 가공 대물 렌즈는, 저배율이어도 가공 가능하면, 저배율 대물 렌즈를 사용해도 된다.
- [0027] 그 후, 제어부(101)는, 도 1의 (d)에 도시한 바와 같이, 산출한 리페어 좌표(c1 내지 c5)에 따라, 순차, 얻어진 마스크 화상에 기초해서 2차원 변조 소자(미소 미러 어레이(123))를 구동하여, 결함(G)에 레이저 조사함으로써, 워크 표면에서의 결함 부위를 수복하는 리페어 처리(S3)를 실행한다.
- [0028] 이상과 같은 동작에 의해, 본 실시 형태 1에서는, 결함(G)이 시야 영역(R1) 밖이어도, 결함(G)에서의 시야 영역

(R1) 밖의 부분을 시야 영역(R1) 내로 끌어들이는 뒤에 결함(G)에 대해 슷 영역(E1 내지 E5)(리페어 좌표(c1 내지 c5))을 할당하는 것이 가능하다. 이에 의해, 1회의 활상으로 결함(G) 전체를 전부 찍을 수 없었던 경우에도, 이 결함(G) 전체에 대하여 연속해서 레이저 조사하는 것이 가능해지고, 그 결과, 행정 수의 증가 및 작업 시간의 용장을 억제하면서 결함(G) 전체를 수복하는 것이 가능해진다.

[0029] 다음으로, 본 실시 형태 1에 의한 레이저 가공 장치(100)에 대해서, 도면을 참조하여 상세하게 설명한다. 도 2는, 본 실시 형태 1에 의한 레이저 가공 장치의 개략 구성을 도시하는 블록도다. 도 2에 도시한 바와 같이, 레이저 가공 장치(100)는, X-Y 평면 내를 이동 가능한 스테이지(116)와, 스테이지(116)의 수평 이동을 제어하는 스테이지 제어부(104)와, 스테이지(116) 위에 채치된 워크(W10)를 상방에서 관찰하는 현미경부(110)와, 워크(W10)에 조사하는 결함 수복용의 레이저 광을 출력하는 레이저 리페어 헤드(120)와, 현미경부(110)에서 취득된 화상 데이터에 대하여 각종 화상 처리를 실행하는 화상 처리부(102)와, 본 실시 형태 1에 의한 레이저 가공 방법을 실현하는 프로그램인 레이저 가공 프로그램을 포함하는 각종 프로그램이나 각종 파라미터 등을 저장하는 기억부(107)와, 기억부(107)로부터 판독한 각종 프로그램 및 파라미터를 실행함으로써 본 실시 형태 1에 의한 결함 추적 방법을 실현하는 동시에 레이저 가공 장치(100) 내의 각 부를 제어하는 제어부(101)와, 제어부(101)로부터의 제어하에서 레이저 리페어 헤드(120)가 출력하는 결함 수복용의 레이저 광의 광속 단면 형상(레이저 광의 광축과 수직인 단면의 형상)을 조정하는 영역 설정부(103)와, 현미경부(110)에서 취득된 화상이나 각종 정보를 표시하는 표시부(105) 및 레이저 가공 장치(100)에 대한 각종 조작이나 설정을 사용자에게 입력시키는 입력부(106)를 포함하는 유저 인터페이스를 구비한다. 또한, 스테이지(116)가 X-Y 평면 내를 이동 가능한 구성뿐만 아니라, 현미경(110)이 X-Y 평면 내를 이동 가능한 구성으로 해도 좋고, 스테이지(116)와 현미경(110)을 상대적으로 이동시켜서 현미경부(110)가 워크(W10)를 주사할 수 있는 구성이면 어떤 형태라도 상관없다.

[0030] 상기 구성에서, 리페어 대상인 워크(W10)는, 소정의 패턴이 형성된 FPD용의 유리 기판이나 반도체 기판이나 프린트 기판 등이다. 이 워크(W10)는, 스테이지(116) 위에 채치된다. 스테이지(116)의 채치면에는, 무수한 구멍이 형성되어 있다. 이 무수한 구멍은 도시하지 않은 펌프로부터 공급되는 기체에 의해 워크(W10)를 부상시킨 상태에서 도시하지 않은 고정 부재에 의해 스테이지(116) 위에서 유지한다. 혹은, 이 무수한 구멍을, 도시하지 않은 진공 펌프에 연결하여, 이 무수한 구멍으로부터의 흡기에 의해, 스테이지(116) 위에 채치된 워크(W10)를 스테이지(116)에 대해서 흡착하여 고정하는 것도 가능하다. 또한, 상기와 같은, 스테이지(116) 위에서 워크(W10)를 유지하는 유지 수단으로서, 상기 이외에도 회전하는 복수의 롤러에 의해 기판을 이동 가능하게 유지하는 롤러 스테이지의 구성으로 해도 좋다. 또한, 지지 핀이나 클램프 기구 등, 기계적인 수단을 사용해서 기판을 지지하는 구성으로 해도 좋다.

[0031] 현미경부(110)는, 스테이지(116) 위의 워크(W10)를 조명하는 광원(112)과, 조명된 워크(W10)를 촬상하는 CCD 센서나 CMOS 센서 등의 촬상 소자(111)(본 실시 형태에서는 CCD)를 포함하고, 대상 기판인 워크(W10)의 일부를 확대한 화상을 취득하는 촬상부로서 기능한다. 현미경부(110)의 광원(112)으로부터 출력된 조명광은, 릴레이 렌즈(M16)를 투과해서 하프 미러(M14)에서 반사된 후, 워크(W10)에 대한 관찰 광축(AX)과 동축의 광으로서 대물 렌즈(M15)를 통해 워크(W10)를 조명한다. 또한, 이와 같이 조명된 워크(W10)의 상은, 관찰 광축(AX)을 따라 배치된 대물 렌즈(M15), 하프 미러(M14), 릴레이 렌즈(M13), 및 결상 렌즈(M12)를 포함하는 관찰 광학계에 의해, 촬상 소자(111)의 수광면에, 예를 들어 몇 배 내지 몇십 배로 확대되어 결상된다. 또한, 이 관찰 광학계를 통한 촬상 소자(111)의 시야 영역은, 도 1에 도시하는 시야 영역(R1)에 상당한다. 이 시야 영역(R1)은, 1개의 슷 영역보다 광범위하다. 또한, 광원(112)에 의해 조명되는 영역은, 적어도 시야 영역(R1)보다 광범위하다. 또한, 적어도 시야 영역(R1) 내는, 광원(112)로부터의 조명광에 의해 상방에서 대략 균일하게 조명된다.

[0032] 촬상 소자(111)에서 취득된 화상 데이터는, 화상 처리부(102)에 입력된다. 화상 처리부(102)는, 입력된 화상 데이터에 대하여 각종 화상 처리를 실행한 후, 처리 후의 화상 데이터를 표시부(105)에 입력한다. 이에 의해, 표시부(105)에, 현미경부(110)에서 취득된 시야 영역(R1)의 화상이 예를 들어 거의 실시간으로 표시된다. 또한, 화상 처리부(102)는, 촬상 소자(111)에 의해 취득된 화상에서 결함 영역을 추출하는 추출부(102a)와, 촬상 소자(111)에 의해 취득된 화상과 기억부(107)에 기억되어 있는 참조 화상(정상 패턴 화상)을 사용해서 매칭 처리를 행하는 매칭부(102b)와, 매칭부(102b)의 매칭 결과에 기초하여, 워크(W10)의 처리 대상 위치에서의 마스크 화상을 포함하는 마스크 정보를, 참조 화상을 바탕으로 생성하는 마스크 생성부(102c)를 갖는다.

[0033] 또한, 스테이지 제어부(104)는, 제어부(101)로부터의 제어하에, 제어부(101)로부터 입력되는 결함 수정 위치(결함 좌표, 무게 중심 좌표 및 리페어 좌표 등의 소정의 위치 좌표)가 현미경부(110)의 시야 영역(R1)에서의 중심에 위치하도록, 스테이지(116)를 수평 이동한다. 이에 의해, 제어부(101)로부터 입력되는 좌표가 현미경부

(110)의 시야 영역(R1)에서의 중심에 위치하도록, 현미경부(110)와 워크(W10)의 상대 위치가 제어된다.

[0034] 레이저 리페어 헤드(120)는, 워크(W10)에 조사되는 레이저 광(이하, 리페어 레이저 광이라고 함)을 출력하는 레이저 광원(121)과, 레이저 광원(121)으로부터의 레이저 광의 광속 단면 형상(이하, 레이저 단면 형상이라고 함)을 원하는 형상(후술하는 마스크 화상에 따른 형상)으로 정형하는 광속 정형 수단으로서 공간 광변조 소자인 미소 미러 어레이(123)와, 레이저 광원(121)으로부터의 리페어 레이저 광과 관찰 광학계의 시야를 조정하기 위한 광(이하, 가이드 광이라고 함)을 출력하는 LED(122)를 포함하고, 현미경부(110)가 취득한 화상에 기초하여 워크(W10)에 결함 수복용으로 공간 변조한 레이저 광을 조사한다. LED(122)로부터의 가이드 광은, 하프 미러(M21)에서 반사됨으로써, 그 광축이 레이저 광원(121)의 광축과 일치한다.

[0035] 또한, 레이저 광원(121)으로부터의 리페어 레이저 광 및 LED(122)로부터의 가이드 광의 광축은, 고 반사 미러(M22), 미소 미러 어레이(123), 및 고 반사 미러(M23)를 통한 후, 하프 미러(M24)에서 반사됨으로써, 그 광축이 관찰 광축(AX)과 일치한다. 따라서, 하프 미러(M24)에서 반사된 리페어 레이저 광 및 가이드 광은, 릴레이 렌즈(M13), 하프 미러(M14) 및 대물 렌즈(M15)를 통해 스테이지(116) 위의 워크(W10)에 상방에서 관찰 광축(AX)을 따라 조사된다. 또한, 미소 미러 어레이(123)에는, 예를 들어 DMD(Digital Micromirror Device)를 사용하면 좋다. 또한, 광속 정형 수단으로서 다른 MEMS 디바이스나, 액정 서터 등의 투과형의 공간 변조 소자 등, 다른 디바이스로 대응하는 것도 가능하다. 이러한 다른 디바이스를 채용하는 경우에는, 상기의 광학계는 당해 분야의 기술 상식에 비추어, 광학 조건에 따른 적절한 배치나 부재를 사용한 구성으로 한다. 또한, 상기의 LED(122)는, 가이드 광에 의해 리페어 레이저 광의 조사 위치를 확인하거나 조정하기 위해서 사용하는 것이므로, 필요에 따라서 생략해도 상관없다.

[0036] 또한, 공간 광변조 소자인 미소 미러 어레이(123)는, 예를 들어 미소 디바이스의 하나인 미소 미러가 2차원 어레이 형상으로 배열된 구성을 구비한다. 각 미소 미러의 반사각은, 제어부(101)로부터의 제어하에, 온 각도와 오프 각도의 적어도 2개 중 어느 하나의 각도로 전환 가능하다. 온 각도란, 이 상태에 있는 미소 미러에서 반사된 리페어 레이저 광이 스테이지(116) 위의 워크(W10)에 투사되는 각도이며, 오프 각도란, 이 상태에 있는 미소 미러에서 반사된 리페어 레이저 광이 불필요한 광으로서 광로 외에 설치되는 도시하지 않은 차광 부재나 흡수 부재 등의 레이저 댐퍼에 조사되는 각도다. 따라서, 2차원 어레이 형상으로 배열된 미소 미러 각각의 반사각을 온 각도와 오프 각도 중 어느 하나로 스위칭함으로써, 워크(W10)에 투사되는 리페어 레이저 광의 단면 형상을 제어하는 것이 가능하다. 온 각도와 오프 각도의 스위칭은, 후술하는 마스크 화상에 기초해서 제어된다. 이에 의해, 레이저 광원(121)으로부터의 리페어 레이저 광의 단면 형상을 수복 패턴(후술하는 조사부)의 형상에 조정해서 워크(W10)에 조사하는 것이 가능해진다. 이 수복 패턴은, 정상인 배선 패턴 이외에 리페어 레이저 광을 조사하는 수복 패턴이며, 예를 들어 패턴 제거 불량 등의 결함을 수복할 경우에는, 쏘 영역 중의 정상 배선 등의 영역에 대응하는 미소 미러를 오프 각도로 하고, 그 이외의 영역에 대응하는 미소 미러를 온 각도로 한 패턴이 된다.

[0037] 수복 패턴의 설정은, 상기와 같이 정상인 배선 패턴에 따라서 설정하는 것 외에, 결함 형상에 맞추어 설정하도록 해도 상관없다. 이 경우, 리페어 레이저 광의 단면 형상을 결함 형상에 맞추어, 결함 영역에 대응하는 미소 미러를 온 각도로 하고, 결함 영역 이외의 영역에 대응하는 미소 미러를 오프 각도로 하면 된다.

[0038] 영역 설정부(103)는, 제어부(101)로부터 입력된 수복 패턴(마스크 화상)에 따라서 미소 미러 어레이(123)의 미소 미러의 반사각을 각각 제어함으로써, 리페어 레이저 광의 단면 형상을 수복 패턴의 형상으로 제어한다.

[0039] 또한, 제어부(101)는, 상술한 바와 같이, 기억부(107)로부터 판독한 각종 프로그램 및 파라미터를 실행함으로써 본 실시 형태 1에 의한 결함 수정 방법을 실현하는 동시에 레이저 가공 장치(100) 내의 각 부를 제어한다. 여기서, 제어부(101)가 실행하는 결함 수정 방법을, 도면을 참조해서 상세하게 설명한다. 도 3은, 본 실시 형태에 관한 레이저 가공 장치가 행하는 레이저 가공 처리를 포함하는 결함 수정 방법의 개략 플로우를 도시하는 흐름도다. 또한, 이하의 설명에서는, 제어부(101)의 제어하에, 각 부가 동작하고 있는 것으로 해서 설명한다.

[0040] 우선, 제어부(101)는, 외부의 검사 수단으로 특정된 결함의 좌표인 결함 위치 정보를 취득한다(스텝 S101). 결함 위치 정보를 취득한 후, 스테이지 제어부(104)는, 대물 렌즈(M15)의 시야 영역 내에 결함이 포함되도록, 스테이지(116)를 결함 위치로 이동시킨다(스텝 S102). 스테이지(116)의 결함 위치로의 이동 후, CCD(111)가 이 대물 렌즈(M15)의 시야 영역의 화상을 촬상해서 화상 신호로서 출력한다(스텝 S103). CCD(111)에 의해 출력된 화상 신호는, 화상 처리부(102)에 받아들여진다(스텝 S104).

[0041] 화상 처리부(102)에 화상 신호가 받아들여지면, 추출부(102a)가, 미리 기억되어 있는 참조 화상(정상 패턴

화상)으로부터 촬상한 시야 영역에 따른 위치를 추출한다. 매칭부(102b)는, 추출부(102a)에 의해 추출된 참조 화상과, 받아들여진 화상 신호에 따른 화상을 매칭시킨다. 그 후, 추출부(102a)는, 매칭부(102b)에 의한 비교 결과에 기초하여 화상 내의 결합 영역을 추출한다(스텝 S105).

[0042] 또한, 이 매칭 처리에서는, 화상 중의 백색 면적의 비율 등에 기초하여, 촬상된 화상과 참조 화상의 합치도(적합도, 매칭하고 있는 비율)인 매칭 스코어를 산출한다. 이 매칭부(102b)에 의한 비교 결과를 바탕으로, 촬상된 화상이, 참조 화상 내의 어느 위치에 대응하고 있는지가 결정된다.

[0043] 또한, 예를 들어, 도 4에 도시한 바와 같이, 대물 렌즈(M15)의 시야 영역에서의 촬상 화상(Da) 내에는, 소정의 패턴(P)이 형성되어 있고, 임의의 인접 패턴(P) 간에서 결합(G3)이 존재하고 있다. 이때, 매칭부(102b)에 의한 비교 결과를 바탕으로 결정된 참조 화상이 도 5에 도시하는 참조 화상(Dr)인 경우, 촬상 화상(Da)과 참조 화상(Dr)을 바탕으로, 추출부(102a)에 의해 도 6에 도시하는 바와 같은 결합 영역(Gd)을 추출하고, 화상 처리부(102)에 의해 이 결합 영역(Gd)을 포함하는 추출 화상(Ds)이 화상 신호로서 출력된다.

[0044] 제어부(101)는, 추출부(102a)에 의해 추출된 결합 영역을 바탕으로, 결합 수정을 행할 필요가 있는지의 여부를 판단한다(스텝 S106). 여기서, 제어부(101)가, 추출된 결합 영역을 바탕으로, 결합 수정을 행할 필요가 없다고 판단한 경우(스텝 S106:아니오), 스텝 S107로 이행하여, 다음의 결합 위치 정보를 취득하고, 스테이지 제어부(104)를 구동해서 스테이지(116)를 이동시킨다. 그 후, 제어부(101)는, 스텝 S103으로 복귀해서, 다음의 결합 위치에서의 촬상 처리를 CCD(111)에 행하게 한다.

[0045] 한편, 제어부(101)가, 추출된 결합 영역을 바탕으로, 결합 수정을 행할 필요가 있다고 판단한 경우(스텝 S106:예), 제어부(101)는, 스텝 S108로 이행하여, 레이저 광에 의한 노광 대상이 복수인지의 여부를 판단한다. 여기서, 제어부(101)는, 레이저 광에 의한 노광 대상이 복수가 아니라고 판단한 경우(스텝 S108:아니오), 스텝 S109로 이행하여, 레이저 가공용 대물 렌즈(고배율 대물 렌즈)로서 대물 렌즈(M15)를 전환한다.

[0046] 그 후, CCD(111)가 이 대물 렌즈(M15)(레이저 가공용 대물 렌즈)의 시야 영역의 화상을 촬상해서 화상 신호로서 출력하고, 출력된 화상 신호가 화상 처리부(102)에 받아들여진다(스텝 S110). 또한, 화상 처리부(102)에 화상 신호가 받아들여지면, 추출부(102a)가, 이 화상에 대한 매칭부(102b)에 의한 비교 결과에 기초하여, 화상 내의 결합 영역을 추출한다(스텝 S111).

[0047] 스텝 S111에 의해 레이저 가공용 대물 렌즈에 의한 결합 영역의 추출이 종료하면, 마스크 생성부(102c)가, 적어도 마스크 화상을 포함하는 마스크 정보를 생성한다. 마스크 화상은, 예를 들어 도 5에 도시하는 참조 화상(Dr)의 패턴(P)에 따라, 패턴(P) 이외의 영역을, 레이저 광을 조사하는 조사부(온 각도로 제어되는 영역)로 하고, 패턴(P)의 형성 영역을, 레이저 광이 조사되지 않는 비조사부(조사부 이외의 기타 부분, 오프 각도로 제어되는 영역)로 하는 마스크 화상을 포함하는 마스크 정보를 생성한다. 또한, 마스크 정보에는, 마스크 화상 이외에, 미소 미러 어레이(123)(DMD(123))의 미소 미러의 온 각도 및 오프 각도를 제어하기 위한 지시 정보 등이 포함된다.

[0048] 스텝 S112에 의한 마스크 화상의 생성 처리가 종료하면, 영역 설정부(103)는, 제어부(101)로부터 입력된 마스크 화상에 따라서 미소 미러 어레이(123)의 미소 미러의 반사각을 각각 제어함으로써, 리페어 레이저 광의 단면 형상을 수복 패턴의 형상으로 제어한다(스텝 S113). 그 후, 레이저 광원(121)을 온으로 함으로써, 마스크 화상에 따른 단면 형상을 이루는 레이저 광을 검사 대상의 워크(W10)에 대하여 조사한다(스텝 S114).

[0049] 이때, 마스크 생성부(102c)가, 결합 영역(Gd)의 형상에 따른 조사부를 갖는 마스크 화상을 생성하여, 결합 영역(Gd)에 따른 단면 형상의 레이저 광을 조사하도록 제어해도 된다. 이 경우, 미소 미러 어레이(123)의 각 미소 미러(M)에 있어서, 온 각도로 제어하는 미소 미러를 그물 표시하면, 도 7에 도시하는 바와 같은 온 각도 제어 영역(Gm)이 형성된다. 이렇게 제어된 각 미소 미러(M)에 의해, 결합 영역(Gd)(결합(G3))에 따른 단면 형상의 레이저 광을 조사할 수 있다.

[0050] 레이저 조사 후, CCD(111)가 레이저 광 조사 후의 레이저 가공용 대물 렌즈의 시야 영역의 화상을 촬상해서 화상 신호로서 출력하고, 출력된 화상 신호가 화상 처리부(102)에 받아들여진다(스텝 S115). 제어부(101)는, 이 받아들여진 화상 신호의 화상을 바탕으로, 매칭 처리 등에 의해 결합 수정(리페어)이 완료했는지의 여부를 판단한다(스텝 S116).

[0051] 여기서, 제어부(101)는, 레이저 광 조사 후의 화상에서 리페어가 완료했다고 판단한 경우(스텝 S116:예), 결합 수정 처리를 종료한다. 또한, 제어부(101)는, 레이저 광 조사 후의 화상에서 리페어가 완료하지 않았다고 판단한 경우(스텝 S116:아니오), 스텝 S110으로 이행하여, 다시 화상 신호를 받아들이게 하여 레이저 조사 처리를

행하게 한다.

- [0052] 이에 반해, 제어부(101)는, 조사 대상의 하나의 참조 화상에 대해 레이저 광에 의한 노광 횟수가 복수라고(복수 노광의 대상이라고) 판단한 경우(스텝 S108:예), 스텝 S117로 이행하여, 레이저 가공용 대물 렌즈(고배율 대물 렌즈)로서 대물 렌즈(M15)를 전환한다. 여기서, 복수 노광의 대상 인지의 여부의 판단으로서, 예를 들어, 추출된 결합 영역이, 결합 수정 처리가 필요한 형상이나, 워크(W10)나 워크(W10)의 가공면이 열전도율이 높거나, 열흡수율이 높은, 또는 비열이 작은 재료일 경우, 또는 그 영역에, 레이저 광 비조사부로서 설정되어 있는 영역이 있을 경우나, 상술한 열의 영향을 있을 수 있는 패턴을 포함하는 경우를 들 수 있다.
- [0053] 대물 렌즈(M15)의 전환 후, CCD(111)가 이 대물 렌즈(M15)(레이저 가공용 대물 렌즈)의 시야 영역의 화상을 촬상해서 화상 신호로서 출력하고, 출력된 화상 신호가 화상 처리부(102)에 받아들여진다(스텝 S118). 또한, 화상 처리부(102)에 화상 신호가 받아들여지면, 추출부(102a)가, 이 화상에 대한 매칭부(102b)에 의한 비교 결과에 기초하여, 화상 내의 결합 영역을 추출한다(스텝 S119).
- [0054] 스텝 S119에 의해 레이저 가공용 대물 렌즈에 의한 결합 영역의 추출이 종료하면, 화상 내의 결합 영역의 센터링을 행하고(스텝 S120), 마스크 생성부(102c)가, 마스크 화상을 포함하는 마스크 정보를 생성한다(스텝 S121). 레이저 광에 의한 노광 대상이 복수일 경우, 마스크 화상도 하나의 참조 화상에 대하여 복수 개 생성된다.
- [0055] 예를 들어, 결합 영역을 포함하는 촬상 화상에 대응하는 참조 화상(Dr1)이라고 한다. 이 참조 화상(Dr1)은, 패턴 형성 영역(Ps) 내에 복수의 패턴부(P1 내지 P3)가 형성되어 있다. 각 패턴부(P1 내지 P3)는, 패턴 형성 영역(Ps) 내에서, 지면 좌측에서부터 패턴부(P1), 패턴부(P3), 패턴부(P2)의 순서대로 배열되어 있다. 또한, 이 참조 화상(Dr1)에서는, 패턴부(P1 내지 P3)가 레이저 광 조사 영역인 것으로 해서 설명한다.
- [0056] 여기서, 패턴부(P1)와 패턴부(P3)의 사이의 거리(d1), 및 패턴부(P2)와 패턴부(P3)의 사이의 거리(d2)는, 각각 상술한 열에너지 곡선(L2)에 의한 열의 영향을 받을 우려가 있다(도 24의 (c) 참조). 이로 인해, 마스크 생성부(102c)는, 열에 의한 영향을 회피하기 위한 복수의 마스크 화상(제1 마스크 화상, 제2 마스크 화상)을 각각 포함하는 제1 및 제2 마스크 정보를 각각 생성한다. 이 제1 및 제2 마스크 화상은, 전체적으로 참조 화상(Dr1)의 패턴과 동일한 패턴이 된다. 또한, 열에 의한 영향을 받을 수 있는 거리는, 레이저 광의 강도나, 레이저 조사의 에너지, 조사 크기, 또는 패턴부의 폭, 패턴 형성에 사용되는 재료(가공면의 재료, 패턴 형성 재료)의 열전도율, 열흡수율, 비열, 막 두께, 밀도 등에 의해 결정된다. 열에 의한 영향을 회피하기 위한 거리로서, 예를 들어 3 μ m 이상으로 설정된다. 여기서, 가공면의 재료는, 1종류의 재료로 이루어지는 단층이어도 좋고, 서로 다른 복수의 재료가 적층된 복층이어도 좋다. 또한, 가공면이 복층을 이루는 경우에는, 각각의 재료에서의 상기의 특성이 고려되는 것이 바람직하다.
- [0057] 도 9는, 본 실시 형태에 관한 레이저 가공 장치(100)에서 생성되는 제1 마스크 화상(Dm1a)을 도시하는 모식도다. 제1 마스크 화상(Dm1a)은, 참조 화상(Dr1)의 패턴 형성 영역(Ps)에 따른 마스크 패턴 형성 영역(Pms) 내에서, 패턴부(P1, P2)에 대응하는 위치에, 레이저 광이 조사되는 조사부(Pm1, Pm2)가 형성되어 있다. 여기서, 조사부(Pm1, Pm2)와 같이 마스크 화상 내에 복수의 조사부가 있을 경우, 조사부(Pm1, Pm2) 사이의 거리(d3)는, 상술한 열에너지 곡선(L2)과 같은 열의 영향을 받지 않게 되는 거리다.
- [0058] 도 10은, 본 실시 형태에 관한 레이저 가공 장치(100)에서 생성되는 제2 마스크 화상(Dm1b)을 도시하는 모식도다. 제2 마스크 화상(Dm1b)은, 참조 화상(Dr1)의 패턴 형성 영역(Ps)에 따른 마스크 패턴 형성 영역(Pms) 내에서, 패턴부(P3)에 대응하는 위치에, 레이저 광이 조사되는 조사부(Pm3)가 형성되어 있다.
- [0059] 스텝 S121에 의한 제1 및 제2 마스크 정보의 생성 처리가 종료하면, 영역 설정부(103)는, 우선, 제어부(101)로부터 입력된 제1 마스크 화상(Dm1a)에 따라서 미소 미러 어레이(123)의 미소 미러의 반사각을 각각 제어함으로써, 리페어 레이저 광의 단면 형상을 수복 패턴의 형상으로 제어한다(스텝 S122). 그 후, 레이저 광원(121)을 온으로 함으로써, 마스크 화상의 조사부(Pm1, Pm2)에 따른 단면 형상을 이루는 레이저 광을 검사 대상의 워크(W10)에 대하여 조사한다(스텝 S123).
- [0060] 그 후, 제어부(101)로부터 입력된 제2 마스크 화상(Dm1b)에 따라서 미소 미러 어레이(123)의 미소 미러의 반사각을 각각 제어함으로써, 리페어 레이저 광의 단면 형상을 수복 패턴의 형상으로 제어한다(스텝 S124). 그 후, 레이저 광원(121)을 온으로 함으로써, 마스크 화상의 조사부(Pm3)에 따른 단면 형상을 이루는 레이저 광을 검사 대상의 워크(W10)에 대하여 조사한다(스텝 S125).
- [0061] 복수의 마스크 정보에 의한 레이저 조사 후, CCD(111)가 레이저 광 조사 후의 레이저 가공용 대물 렌즈의 시야

영역의 화상을 촬상해서 화상 신호로서 출력하고, 출력된 화상 신호가 화상 처리부(102)에 받아들여진다(스텝 S126). 제어부(101)는, 이 받아들여진 화상 신호의 화상을 바탕으로, 매칭 처리 등에 의해 결함 수정(리페어)이 완료됐는지의 여부를 판단한다(스텝 S127).

- [0062] 여기서, 제어부(101)는, 레이저 광 조사 후의 화상에서 리페어가 완료했다고 판단한 경우(스텝 S127:예), 결함 수정 처리를 종료한다. 또한, 제어부(101)는, 레이저 광 조사 후의 화상에서 리페어가 완료하지 않았다고 판단한 경우(스텝 S127:아니오), 스텝 S118로 이행하여, 다시 화상 신호를 받아들여지게 하여 레이저 조사 처리를 행하게 한다.
- [0063] 도 11 내지 15는, 본 실시 형태에 관한 레이저 가공 장치(100)의 결함 수정 처리의 일례를 나타내는 모식도다. 구체적으로는, 상술한 스텝 S110 내지 S114 및 S118 내지 S125는, 일례로서 도 11 내지 15에 도시하는 모식도와 같이 결함 수정 처리가 행해진다. 도 11에 도시한 바와 같이, 대략 볼록 형상을 이루는 패턴부(P4)와, 패턴(P4)의 돌출 부분을 수용하는 오목 형상부를 갖는 패턴부(P5)가 형성되어 있고, 이 패턴(P4)의 돌출 부분과, 패턴부(P5)의 오목 형상부를 포함하는 영역에서, 결함(G4)이 존재하고 있다.
- [0064] 도 11에 도시하는 결함(G4)에 대하여, 복수의 노광 처리를 행하는 마스크 패턴 형성 영역(Pms1)(스텝 S117 내지 S127에 대응)을 설정하고, 이 마스크 패턴 형성 영역(Pms1) 이외의 부분에서, 패턴부(P5)에 따른 마스크 화상을 생성하여, 레이저 광을 조사한다(도 12 참조).
- [0065] 도 12에 도시하는 레이저 광 조사 처리에 의해, 마스크 패턴 형성 영역(Pms1) 이외의 부분의 결함(G4)이 제거되고, 마스크 패턴 형성 영역(Pms1) 내에 결함(G4a)이 남은 상태로 된다(도 13 참조). 이에 대해, 패턴의 간격에 의해 열의 영향을 받을 수 있는 마스크 패턴 형성 영역(Pms2)(스텝 S117 내지 S127에 대응)을 설정하고, 이 마스크 패턴 형성 영역(Pms2) 이외의 부분에서, 패턴부(P4 및 P5)에 따른 제1 마스크 화상을 생성하여, 레이저 광을 조사한다(도 13 참조).
- [0066] 그 후, 패턴부(P4 및 P5) 사이에 남은 결함(G4b)에 대하여, 패턴부(P4 및 P5)에 따른 제2 마스크 화상을 생성하여, 레이저 광을 조사한다(도 14 참조). 이에 의해, 결함(G4)이 제거된 패턴부(P4 및 P5)를 얻을 수 있다(도 15 참조).
- [0067] 상술한 레이저 가공 처리에 의해, 패턴부의 배치가 레이저 광의 열의 영향을 받을 수 있는 경우라도, 레이저 가공을 정확하게 행하는 것이 가능해진다. 즉, 본 발명은, 소정의 패턴이 형성된 워크(W10)의 일부를 확대한 화상을 취득하는 촬상부를 갖고, 촬상부가 취득한 화상을 사용해서 워크(W10)에 대하여 레이저 광을 조사하여 워크(W10) 상의 결함의 수정 처리를 행하는 레이저 가공 방법이며, 워크(W10)를 재치하고, 워크(W10)의 판면에 평행한 평면 위에서 촬상부에 대해 상대적으로 이동 가능한 스테이지를, 수정 처리를 행하는 결함 수정 위치로 이동시키고(스테이지 이동 스텝:S102), 이동한 결함 수정 위치에서 워크(W10)의 화상을 촬상하고(촬상 스텝:스텝 S118), 촬상된 촬상 화상과 참조 화상을 비교하여, 이 비교에 의한 판정에 기초해서 레이저 광을 조사하는 조사부를 형성하고, 그 밖의 부분을, 레이저 광이 조사되지 않는 영역인 비조사부로 하는 마스크 화상을, 참조 화상을 바탕으로 생성하고(마스크 생성 스텝:스텝 S121), 레이저 광원으로부터의 레이저 광의 광속 단면 형상을 마스크 화상에 따른 형상으로 정형하는(광속 정형 스텝:스텝 S122,S124) 스텝을 포함하고, 마스크 생성 스텝은, 참조 화상 내에 조사부에 대응하는 복수의 패턴을 갖는 경우, 마스크 화상 상에서의 각 조사부 간의 거리가 소정 거리 이상이 되도록 복수의 마스크 화상을 생성하는 것이며, 본 발명의 기술 방안으로서 도 3에서의 모든 스텝이 필요해지는 것은 아니다.
- [0068] 상술한 실시 형태에 따르면, 1개의 참조 화상에 대하여, 레이저 광 조사 대상의 패턴부의 배치에 따른 복수의 마스크 정보를 생성하고, 각각의 마스크 화상에 따른 단면 형상을 이루는 레이저 광을 조사하도록 했기 때문에, 복수의 패턴부의 배치에 관계없이 레이저 가공을 정확하게 행할 수 있다. 이에 의해, 패턴부가 미세한 것이라도, 레이저에 의한 미세 가공이 가능해진다. 또한, 근자외광 이상의 파장대의 레이저 광을 사용할 경우에도, 가공되는 패턴 형상의 가공 정밀도가 저하하지 않고 레이저 가공을 행할 수 있다.
- [0069] 또한, 종래의 기술로서, 열의 영향이 없는 결함 수정 방법으로서, 자외선(파장 266nm)을 사용한 방법을 들 수 있는데, 이 방법에서는 미소 미러 어레이(123)(DMD(123))를 자외선 대응의 것으로 치환할 필요가 있으며, 이 치환에 의해 비용의 증대나, 이 파장(266nm)에 의한 DMD의 열화 등, 장치 및 조사 대상에 대한 영향을 고려해서 설계할 필요가 있다.
- [0070] 도 16, 17은, 본 실시 형태의 변형예 1에 관한 레이저 가공 장치에서 생성되는 제1, 제2 마스크 화상을 각각 도시하는 모식도다. 또한, 변형예 1에 관한 제1 및 제2 마스크 화상은, 전체적으로 도 8에 도시하는 참조 화상

(Dr1)에 대응하고, 패턴부(P1 내지 P3)에 대하여 레이저 광을 조사하는 것으로 해서 설명한다. 상술한 실시 형태에서는, 각 패턴부에 따라서 패턴부와 거의 동일한 형상을 이루는 조사부가 형성되는 것으로 해서 설명했지만, 패턴부의 형상을 분할하여, 소정 거리 이상이 되도록, 분할한 영역에 조사부를 각각 형성하는 것이어도 좋다.

[0071] 도 16에 도시하는 제1 마스크 화상(Dm2a)에는, 도 8의 패턴부(P1 내지 P3)를 길이 방향을 따라 2분하는 조사부(Pm1a, Pm2a, Pm3a)가 형성된다. 여기서, 변형예 1에서는, 각 패턴부(P1 내지 P3)에 대한 조사부(Pm1a, Pm2a, Pm3a)의 상대 위치가 동일하다.

[0072] 또한, 도 17에 도시하는 제2 마스크 화상(Dm2b)에는, 조사부(Pm1a, Pm2a, Pm3a)와 마찬가지로, 도 8의 패턴부(P1 내지 P3)를 길이 방향을 따라 2분하는 조사부(Pm1b, Pm2b, Pm3b)가 형성된다. 여기서, 각 패턴부(P1 내지 P3)에 대한 조사부(Pm1b, Pm2b, Pm3b)의 상대 위치는 각각 동일하며, 패턴부(P1 내지 P3)에 대해 조사부(Pm1a, Pm2a, Pm3a)와 반대측에 배치된다.

[0073] 이때, 조사부(Pm1a)와 조사부(Pm3a)의 사이의 거리(d4), 조사부(Pm2a)와 조사부(Pm3a)의 사이의 거리(d5), 및 조사부(Pm1b)와 조사부(Pm3b)의 사이의 거리(d6), 조사부(Pm2b)와 조사부(Pm3b)의 사이의 거리(d7)는, 열의 영향이 없는 소정의 거리 이상으로 되어 있다. 이에 의해, 상술한 실시 형태와 같이, 제1 및 제2 마스크 화상을 사용해서 단계적으로 레이저 광을 조사함으로써, 복수의 패턴부의 배치에 관계없이 레이저 가공을 정확하게 행할 수 있다.

[0074] 도 18, 19는, 본 실시 형태의 변형예 2에 관한 레이저 가공 장치에서 생성되는 제1, 제2 마스크 화상을 각각 도시하는 모식도다. 또한, 변형예 2에 관한 제1 및 제2 마스크 화상은, 변형예 1과 마찬가지로, 전체적으로 도 8에 도시하는 참조 화상(Dr1)에 대응하고, 패턴부(P1 내지 P3)에 레이저 광을 조사하는 것으로 해서 설명한다.

[0075] 도 18에 도시하는 제1 마스크 화상(Dm3a)은, 도 8의 패턴부(P1)를 길이 방향을 따라 5등분하고, 써닝한 위치에 조사부(Pm1c, Pm1d, Pm1e)가 각각 형성된다. 또한 마찬가지로, 패턴부(P2)에 대해서도 마찬가지로의 간격으로 조사부(Pm2c, Pm2d, Pm2e)가 형성되고, 패턴부(P3)에 대해서도 마찬가지로의 간격으로 조사부(Pm3c, Pm3d)가 형성된다. 여기서, 조사부(Pm3c, Pm3d)는, 인접하는 패턴부의 조사부와와의 거리를 확보하기 위해서, 조사부(Pm1c, Pm1d, Pm1e) 및 조사부(Pm3c, Pm3d)에 인접하지 않는 위치에 배치된다.

[0076] 또한, 도 19에 도시하는 제2 마스크 화상(Dm3b)에는, 5등분된 패턴부(P1)의 조사부(Pm1c, Pm1d, Pm1e)가 배치되지 않은 위치에 조사부(Pm1f, Pm1g)가 형성된다. 또한 마찬가지로, 패턴부(P2)에 대해서 조사부(Pm2f, Pm2g)가 형성된다. 패턴부(P3)에 대해서는, 패턴부(P1, P2)와 반대의 형태로, 조사부(Pm3c, Pm3d)가 배치되지 않은 위치에 조사부(Pm3e, Pm3f, Pm3g)가 형성된다.

[0077] 이때, 각 조사부의 간격(상대적인 거리)은, 각각 열의 영향이 없는 소정의 거리 이상으로 되어 있다. 이에 의해, 상술한 실시 형태와 같이, 복수의 패턴부의 배치에 관계없이 레이저 가공을 정확하게 행할 수 있다.

[0078] 도 20은, 본 실시 형태의 변형예 3에 관한 레이저 가공 장치의 기억부로부터 기억되는 참조 화상의 일례를 나타내는 모식도다. 도 21, 22는, 본 실시 형태의 변형예 3에 관한 레이저 가공 장치에서 생성되는 제1, 제2 마스크 화상을 각각 도시하는 모식도다. 또한, 변형예 3에 관한 제1 및 제2 마스크 화상은, 전체적으로 도 20에 도시하는 참조 화상(Dr2)의 패턴에 대응하고, L자 형상을 이루는 패턴부(P6)에 레이저 광을 조사하는 것으로 해서 설명한다.

[0079] 도 21에 도시하는 제1 마스크 화상(Dm4a)에는, 도 20의 패턴부(P6)의 L자의 한쪽 직선 부분에 대응하는 위치에 조사부(Pm4a)가 형성된다. 또한, 도 22에 도시하는 제2 마스크 화상(Dm4b)에는, 도 20의 패턴부(P6)의 L자의 다른 쪽 직선 부분에 대응하는 위치에 조사부(Pm4b)가 형성된다.

[0080] 상술한 바와 같이, L자 형상과 같은 패턴에 90° 이하의 각이 존재할 경우, 조사부(Pm4a, Pm4b)와 같이 분할해서 조사함으로써, 보다 정밀도 좋게 패턴의 각을 형성할 수 있다.

[0081] 또한, 상술한 실시 형태 및 그 변형예는 본 발명을 실시하기 위한 예에 지나지 않으며, 본 발명은 이것들에 한정되는 것이 아니라, 사양 등에 따라서 다양하게 변형하는 것은 본 발명의 범위 내이며, 또한 본 발명의 범위 내에서, 다른 다양한 실시 형태가 가능한 것은 상기 기재로부터 자명하다. 예를 들어 각 실시 형태에 대하여 적절하게 예시한 변형예는, 다른 실시 형태에 대하여 적용하는 것도 가능함은 물론이다.

[0082] 예를 들어, 상술한 실시 형태의 레이저 가공 장치(100)는, X-Y 평면 내를 이동 가능한 스테이지(116)와, 스테이지(116)의 수평 이동을 제어하는 스테이지 제어부(104)를 구성하고, 스테이지(116)에 의해 워크(W10)를 X-Y 평

면 내에 이동시키고 있는데, 그 외에, 워크(W10)를 스테이지 상에서 고정하고, 현미경부(110) 및 레이저 리페어 헤드(120)를 X-Y 평면 내에 이동시키는 구성으로 해도 좋다. 즉, 현미경부(110) 및 레이저 리페어 헤드(120)와 워크(W10)의 상대 위치를 변화시키는 이동 수단과, 이 이동 수단을 제어하는 이동 제어부라면 어떠한 구성도 포함하는 것이다.

[0083] 또한, 상술한 실시 형태에서는, 광속 정형 수단으로서 공간 광변조기인 미소 미러 어레이(123)를 사용하고 있지만, 그 외의 광속 정형 수단으로서 가변 슬릿이나 액정 셔터 등을 사용하는 구성으로 해도 좋다. 즉, 레이저 광속의 단면 형상을 원하는 형상으로 정형하는 광속 정형 수단이면 어떠한 구성도 포함하는 것이다.

[0084] 또한, 상술한 실시 형태에서는, 결함에 대하여 레이저 광을 조사해서 결함 수복을 행하는 결함 수정부를 갖는 결함 수정 장치의 예를 나타냈지만, 이러한 레이저 광을 사용하는 결함 수정부에 한하지 않고, 예를 들어 디스펜서나 니들 등의 프로브를 사용하는 방식, 잉크젯 방식, 전사 방식 등, 결함에 대하여 수정 재료의 도포·묘화·전사 등을 행해서 결함 수복을 행하는 방식의 결함 수정부(총칭해서 도포 수정)나, 예를 들어 니들 등의 프로브에 의해 결함을 절단·절제·정형하는 결함 수정부로 치환해도 상관없다. 이 경우, 상기 실시 형태의 레이저 가공 방법 및 레이저 가공 프로그램에서의 수복 처리(리페어 실행)를, 레이저 조사에 의한 수복 처리에서, 예를 들어 수정 재료의 도포·묘화·전사에 의한 가공 처리로 치환함으로써, 각종 레이저 가공 장치에 공통되는 레이저 가공 방법 및 레이저 가공 프로그램으로 할 수 있다.

[0085] 이상과 같이, 본 발명에 관한 레이저 가공 장치, 결함 수정 방법 및 결함 수정 프로그램을 기록한 컴퓨터가 관독 가능한 기록 매체는, 복수의 조사 패턴의 배치에 관계없이 레이저 가공을 정확하게 행하는 것에 유용하다.

부호의 설명

- [0086] 100 : 레이저 가공 장치
- 101 : 제어부
- 102 : 화상 처리부
- 102a : 추출부
- 102b : 매칭부
- 102c : 마스크 생성부
- 103 : 영역 설정부
- 104 : 스테이지 제어부
- 105 : 표시부
- 106 : 입력부
- 107 : 기억부
- 110 : 현미경부
- 111 : 촬상 소자
- 112 : 광원
- 116 : 스테이지
- 120 : 레이저 리페어 헤드
- 121 : 레이저 광원
- 122 : LED
- 123 : 미소 미러 어레이(DMD)
- Da, Da100 : 촬상 화상
- Dr, Dr1, Dr2 : 참조 화상

Ds : 결합 화상

Dm1a, Dm2a, Dm3a, Dm4a : 제1 마스크 화상

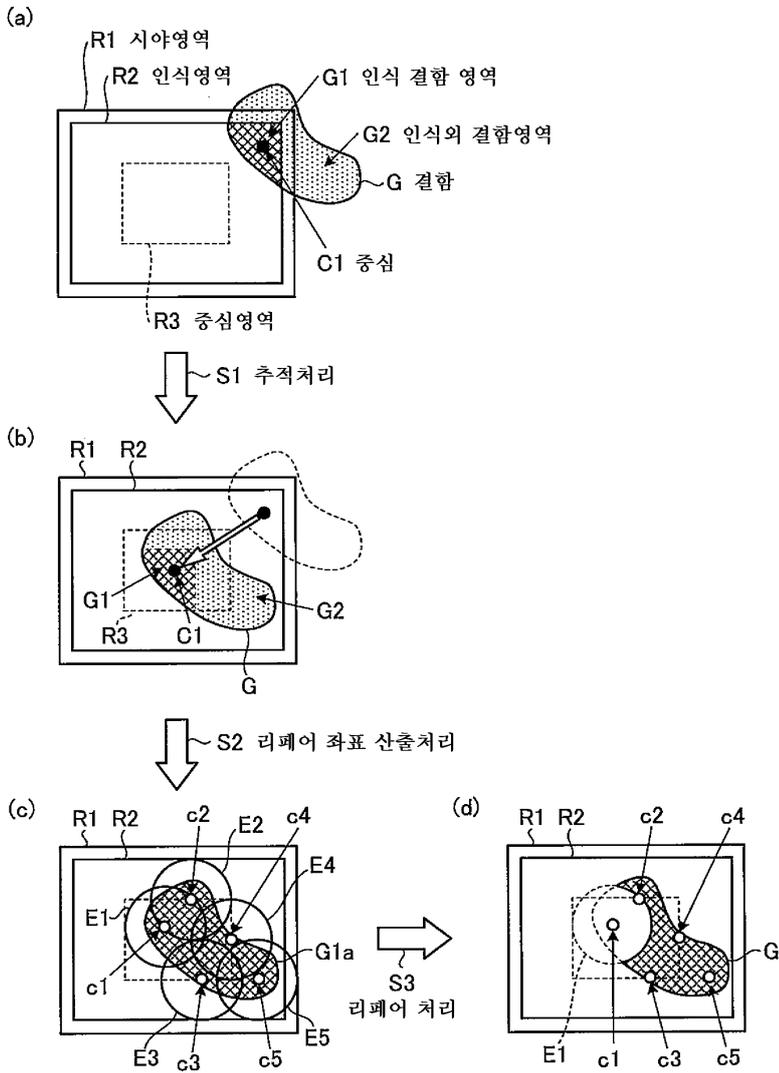
Dm1b, Dm2b, Dm3b, Dm4b : 제2 마스크 화상

P1~P6 : 패턴부

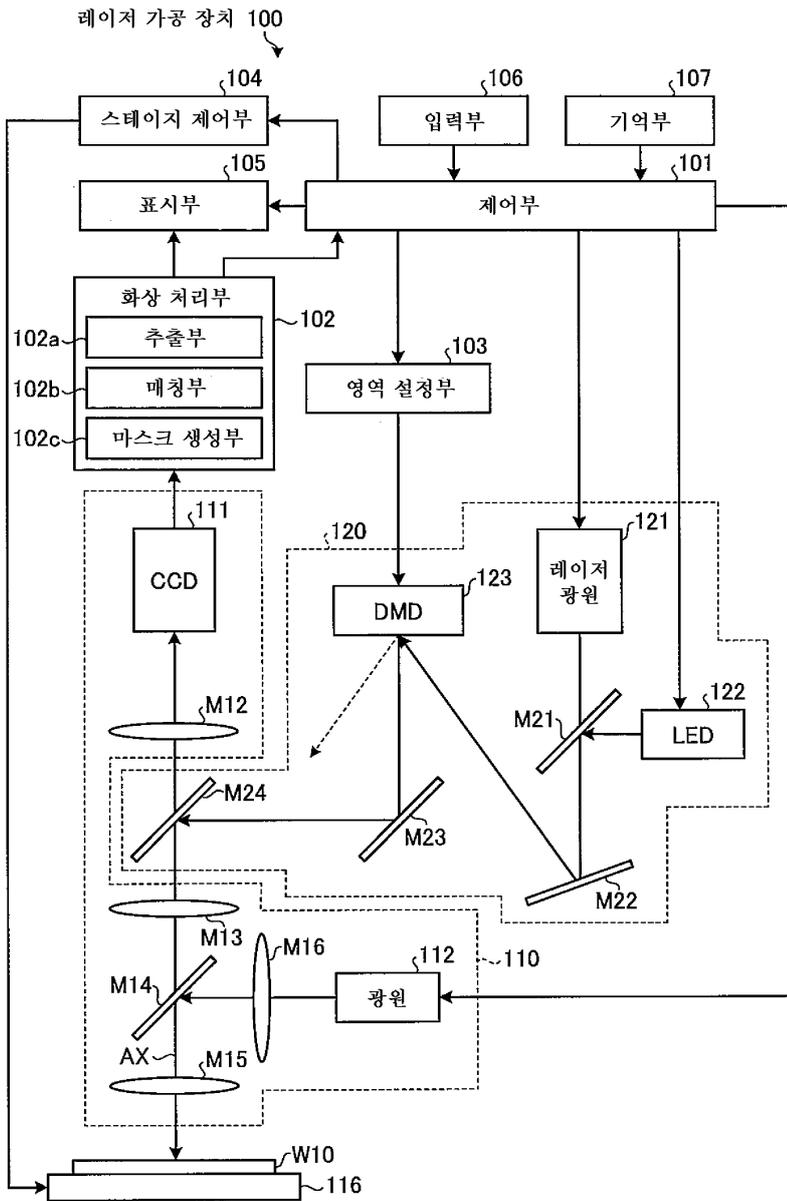
Pm1, Pm2, Pm1a~Pm1g, Pm2a 내지 Pm2g, Pm3a~Pm3g, Pm4a, Pm4b : 조사부

도면

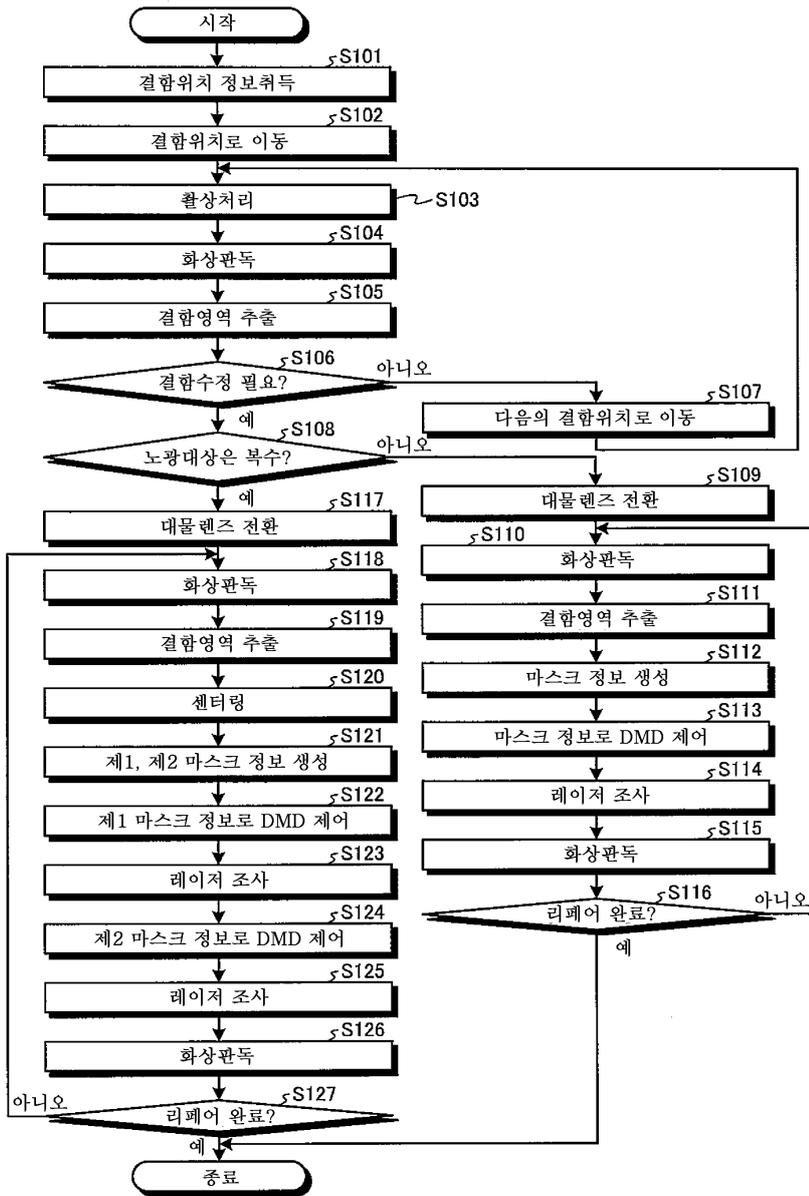
도면1



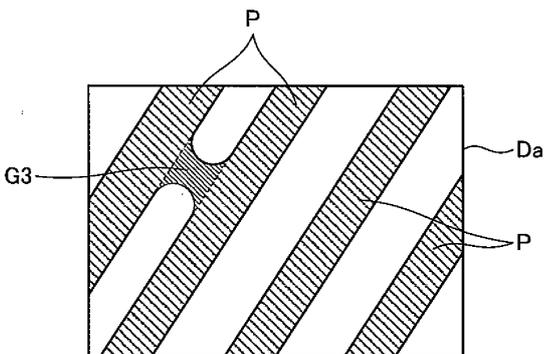
도면2



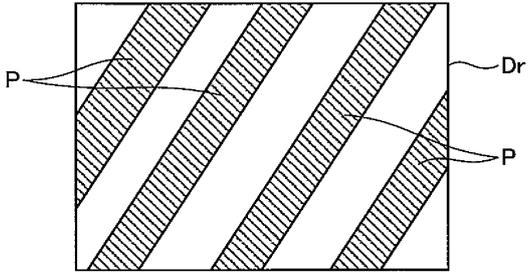
도면3



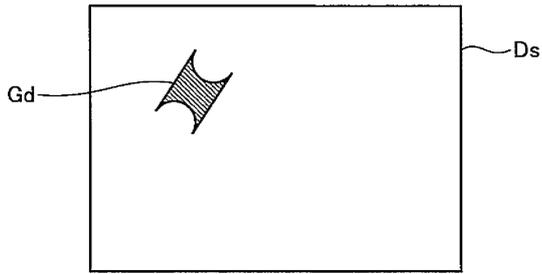
도면4



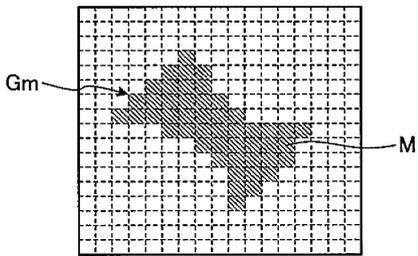
도면5



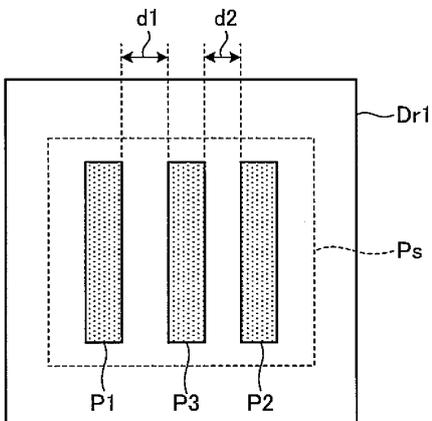
도면6



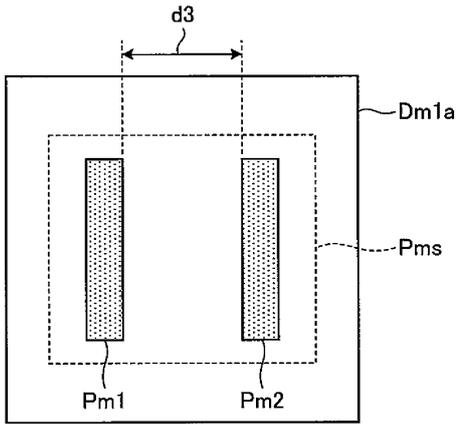
도면7



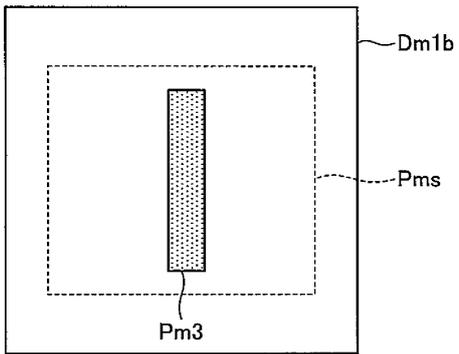
도면8



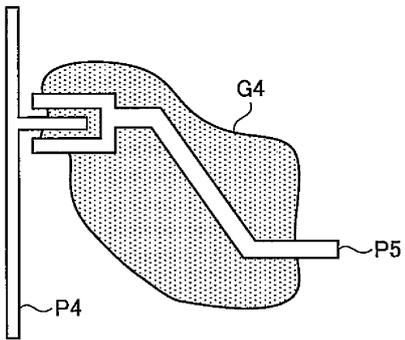
도면9



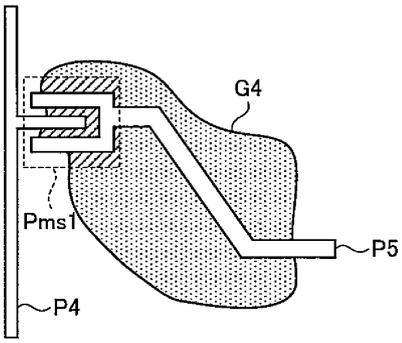
도면10



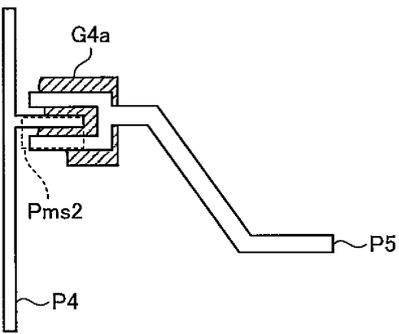
도면11



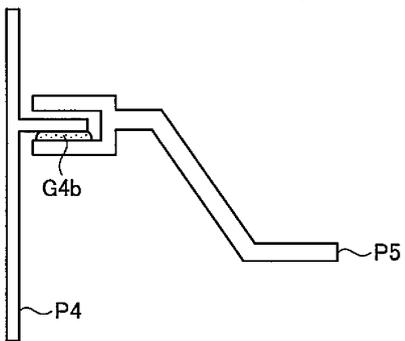
도면12



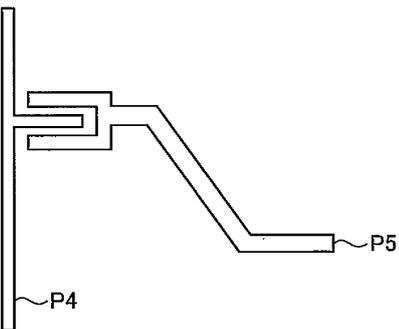
도면13



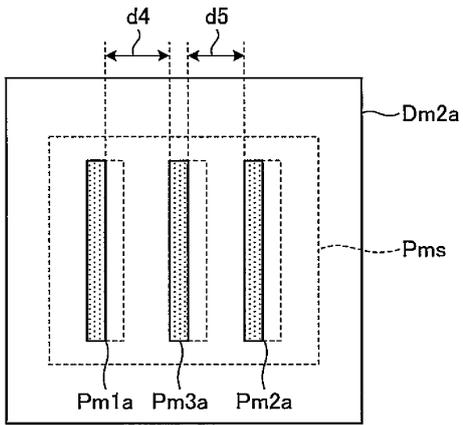
도면14



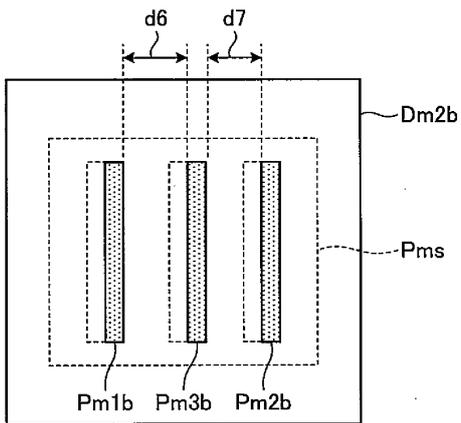
도면15



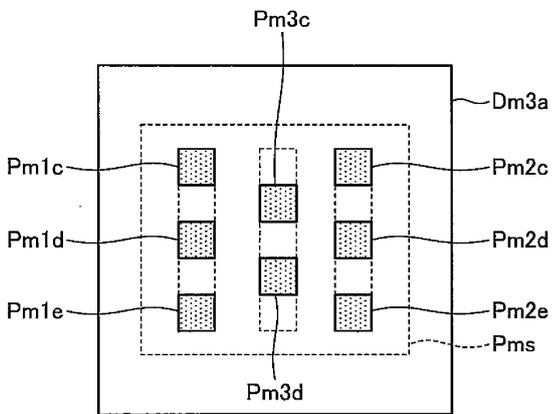
도면16



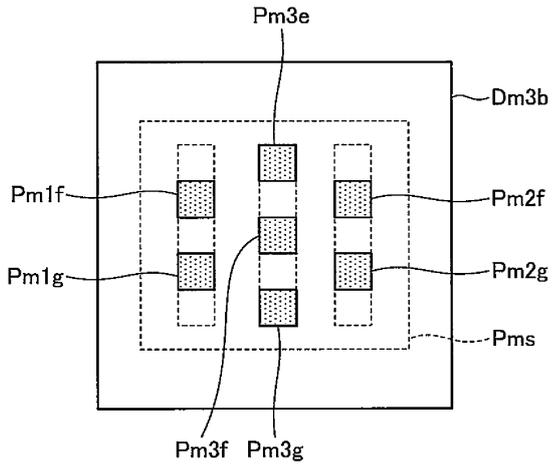
도면17



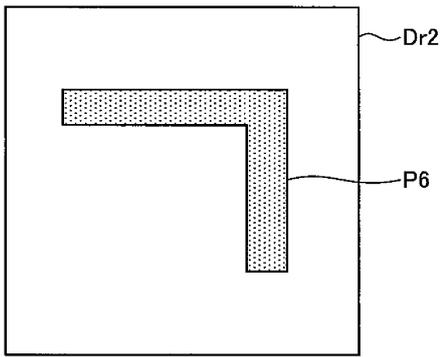
도면18



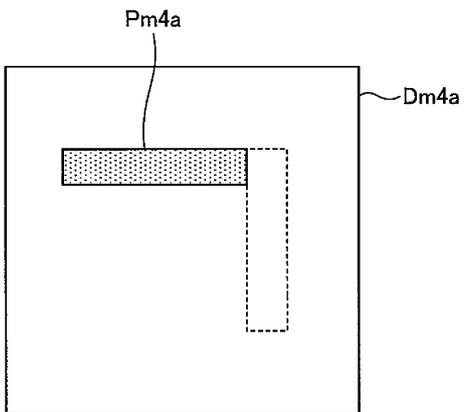
도면19



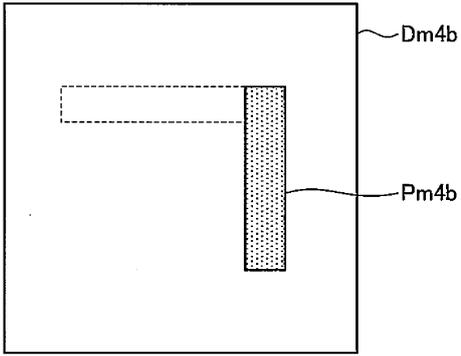
도면20



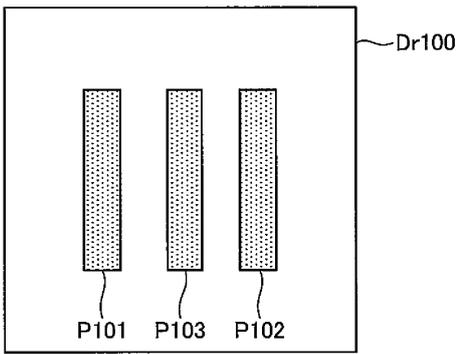
도면21



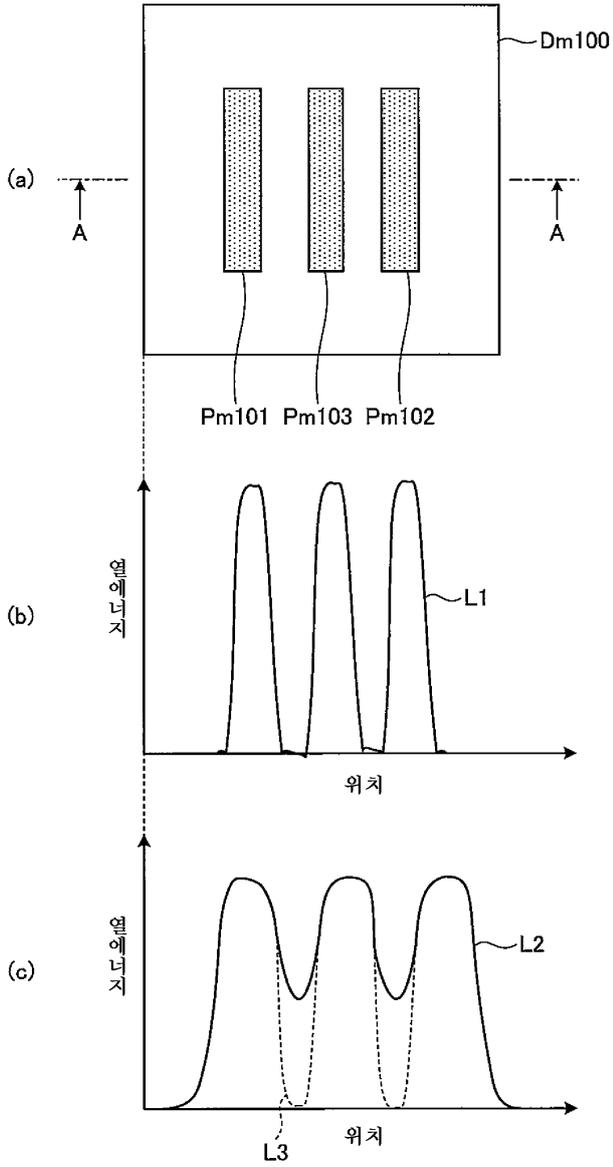
도면22



도면23



도면24



도면25

