



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2014년06월18일
(11) 등록번호 10-1409644
(24) 등록일자 2014년06월12일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

G01B 11/24 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2012-0118657

(22) 출원일자 2012년10월24일

심사청구일자 2012년10월24일

(65) 공개번호 10-2013-0090313

(43) 공개일자 2013년08월13일

(30) 우선권주장

JP-P-2012-022189 2012년02월03일 일본(JP)

(56) 선행기술조사문헌

JP09257440 A

JP2000275019 A

JP2003247817 A

KR1020020060224 A

전체 청구항 수 : 총 8 항

(73) 특허권자

가부시키가이샤 다카오카 세이사쿠쇼

일본국 도쿄도 주오구 아카시쵸 8반 1고

(72) 발명자

이시하라 미즈히로

일본 시즈오카현 하마마쓰시 기따꾸 신미야코다

1-1-1 가부시키가이샤 다카오카 세이사쿠쇼 하마

마쓰 워크스 내

(74) 대리인

이중희, 장수길, 박충범

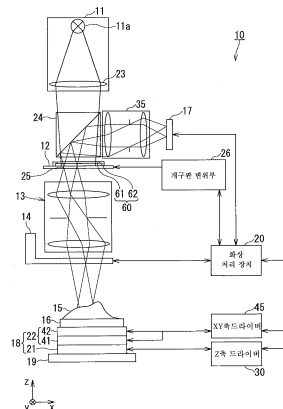
심사관 : 손병철

(54) 발명의 명칭 입체 형상 계측 장치

(57) 요약

일 실시예에 따르면, 입체 형상 계측 장치는 적어도 기설정된 배열 주기를 갖도록 2차원으로 배열된 복수의 공초점 개구들이 제공된 개구판, 및 상기 개구판을 광축 방향에 수직인 기설정된 방향으로 등속도로 변위시키는 개구판 변위부를 포함한다. 또한, 상기 개구판에는 상기 개구판과 일체로 이동되고 광원으로부터의 광빔들을 통과시키고 상기 복수의 공초점 개구들에 조사되도록 하고, 상기 복수의 공초점 개구들을 분진으로부터 보호하는 투명체가 제공된다. 또한, 반사된 광빔들 각각을 광 검출기로 유도하는 촬상 광학계는 덮개 부재의 투명체를 포함하는 광학계 전체의 광학 특성을 고려하여 설계된다.

대표도 - 도1



특허청구의 범위

청구항 1

공초점(confocal) 광학계를 이용한 입체 형상 계측 장치로서,

각각 광원으로부터의 광빔들을 통과시키고 기설정된 배열 주기를 갖도록 2차원으로 배열된 복수의 공초점 개구들이 제공된 개구판;

상기 복수의 공초점 개구들을 통과한 광빔들 각각을 물체 측 집광점(focused point)에 집광하고, 피 계측체에서의 집광된 광빔들의 반사에 의해 형성된 반사된 광빔들 각각을 각각의 대응하는 공초점 개구들에 다시 집광하도록 구성된 대물 렌즈;

적어도 굴절률 및 두께 중 하나가 서로 다르고 상기 대물 렌즈의 광축과 교차하도록 회전 방향을 따라 배열된 복수의 평행판 형태의 부재들이 제공된 회전체, 및 상기 회전체를 기설정된 속도로 연속해서 회전시키도록 구성된 구동부를 포함하는 초점 위치 변경부 - 상기 초점 위치 변경부는 상기 광축과 교차하는 상기 평행판 형태의 부재가 상기 회전체의 회전에 의해 변경될 때마다 상기 물체 측 집광점의 위치를 광축 방향으로 이산적으로 변경하도록 구성됨 -;

각각 상기 공초점 개구를 다시 통과한 반사된 광빔의 강도에 대응하는 신호를 출력하는 복수의 광 검출기들을 포함하는 광 검출기 그룹;

상기 광축 방향에 수직인 방향에서 상기 물체 측 집광점의 위치와 상기 피 계측체의 위치 간의 상대 위치 관계를 변경하도록, 상기 개구판을 상기 광축 방향에 수직인 기설정된 방향으로 등속으로 변위시키도록 구성된 개구판 변위부;

상기 광축 방향에 수직인 상기 기설정된 방향으로 상기 개구판이 등속 이동하는 기간 내에서 상기 광 검출기 그룹이 복수회 노광을 수행하도록 하고, 촬상 대상 영역이 상기 평행판 형태의 부재에 포함될 때마다 상기 광 검출기 그룹이 상기 노광들 각각을 수행하도록 하고, 상기 광 검출기 그룹의 노광 시간이 상기 기설정된 배열 주기와 제1 양의 정수를 곱하여 구한 거리만큼 상기 개구판이 이동하는 시간과 일치하도록, 상기 개구판의 이동 속도, 상기 회전체의 회전 속도, 및 상기 광 검출기 그룹의 노광 시간 및 노광 타이밍을 제어하도록 구성된 촬상 제어부;

상기 초점 위치 변경부에 의해 상기 광축 방향으로 이산적으로 변경된 상기 물체 측 집광점들의 위치들 각각에 대한 상기 광 검출기의 신호에 기초하여, 상기 광 검출기들 각각에 입사되는 상기 반사된 빔의 강도가 최대가 되는 상기 피 계측체의 위치를 추정하도록 구성된 높이 결정부;

상기 개구판 변위부에 의해 상기 개구판과 일체로 변위되도록 상기 개구판 위에 제공된 덮개 부재 - 상기 덮개 부재는 상기 광원의 광빔을 통과시키고 상기 광원의 광빔이 상기 복수의 공초점 개구들에 조사되도록 해주는 투명체를 포함하도록 구성되고, 상기 덮개 부재는 상기 복수의 공초점 개구들을 분진으로부터 보호하도록 구성됨 -; 및

상기 덮개 부재의 상기 투명체를 포함하는 광학계 전체의 광학 특성을 고려하여 설계되고, 상기 공초점 개구들을 다시 통과한 반사된 광빔을 상기 광 검출기로 유도하도록 구성된 촬상 광학계

를 포함하는 입체 형상 계측 장치.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 덮개 부재는 상기 개구판에 탈착가능하게 부착된 입체 형상 계측 장치.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 촬상 제어부는 또한 상기 복수회의 노광시, 임의의 노광 시작 시간으로부터 다음 노광 시작 시간까지의 기

간이 상기 기설정된 배열 주기와 상기 제1 양의 정수보다 큰 제2 양의 정수를 곱하여 구한 거리만큼 상기 개구판이 이동하는 데 필요한 시간과 일치하도록, 상기 개구판의 이동 속도, 상기 회전체의 회전 속도, 및 상기 광검출기 그룹의 노광 시간 및 노광 타이밍을 제어하는 입체 형상 계측 장치.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 초점 위치 변경부는 상기 복수의 평행판 형태의 부재들이 상기 개구판 측의 상기 대물 렌즈의 광축과 교차하도록 상기 개구판과 상기 대물 렌즈 사이에 배열되는 입체 형상 계측 장치.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 피 계측체가 장착되는 장착 베이스; 및

상기 광축에 수직인 방향에서 상기 물체 측 집광점의 위치와 상기 피 계측체의 위치 간의 상대 위치 관계를 변경하도록, 상기 장착 베이스를 상기 광축 방향에 수직인 방향으로 변위시키도록 구성된 장착 베이스 변위부

를 더 포함하며,

상기 장착 베이스 변위부는 상기 개구판이 상기 광축 방향에 수직인 상기 기설정된 방향으로 등속으로 변위되는 기간을 제외한 기간에서 상기 광축 방향에 수직인 방향에서 상기 물체 측 집광점의 위치와 상기 피 계측체의 위치 간의 상기 상대 위치 관계를 변경하고,

상기 개구판이 상기 광축 방향에 수직인 상기 기설정된 방향으로 등속으로 변위되는 기간을 제외한 기간은 상기 개구판이 상기 개구판 변위부에 의해 상기 기설정된 방향으로 가속되고 감속되는 기간, 및 상기 개구판의 이동 방향이 상기 개구판 변위부에 의해 상기 기설정된 방향에서 반전되는 시간 또는 기간인 입체 형상 계측 장치.

청구항 6

제1항에 있어서, 상기 개구판 변위부는,

상기 개구판이 장착되는 개구판 장착부; 및

상기 촬상 제어부에 의해 제어되고 상기 개구판 장착부를 상기 광축 방향에 수직인 상기 기설정된 방향으로 변위시키도록 구성된 선형 모터를 포함하는 입체 형상 계측 장치.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 개구판 변위부는 상기 광축 방향에 수직인 상기 기설정된 방향으로 변위되는 반력 기구(reaction force mechanism)를 더 포함하며,

상기 촬상 제어부는 상기 선형 모터에 의한 상기 개구판 장착부의 가속 및 감속에 의해 발생하는 힘의 영향을 감소시키도록 상기 반력 기구를 동작시키는 입체 형상 계측 장치.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 초점 위치 변경부는,

상기 대물 렌즈의 상기 광축과 교차하는 위치에 제공되고 기설정된 굴절률 및 상기 광축 방향의 가변 두께를 갖는 투명 부재로 형성된 광로 길이 조절 부재, 및

상기 광축 방향의 상기 투명 부재의 두께를 변경하도록 구성된 조절 부재 구동부를 포함하며,

상기 초점 위치 변경부는 상기 광축과 교차하는 상기 투명 부재의 광축 방향 두께를 변경하여 광로 길이가 변경되는 방식으로 상기 물체 측 집광점의 위치를 상기 광축 방향으로 변경하도록 구성된 입체 형상 계측 장치.

명세서

기술분야

[0001] 본 명세서에 기술된 실시예들은 일반적으로 공초점(confocal) 광학계를 이용하여 물체의 입체 형상을 계측하는 입체 형상 계측 장치에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 물체의 표면 형상과 같은 입체 형상을 계측하기 위한 방법 중 하나로서, 공초점 광학계를 이용하여 물체 표면상의 각 점의 높이에 대한 정보를 획득하여 물체의 표면 형상을 계측하는 방법이 있다. 공초점 광학계를 이용한 계측에서는, 원리상 각 점마다 계측을 수행하므로, 표면 영역을 계측하는 특수한 장치가 필요하다.

[0003] 공초점 광학계를 이용하여 물체의 표면과 같은 표면 영역을 계측하기 위한 이와 같은 형태의 기술이 JP-A 9-329748에 개시되어 있다.

[0004] JP-A 9-329748에는 광원 및 복수의 개구들(apertures)이 형성된 닙코(Nipkow) 디스크를 구비한 공초점 현미경이 개시되어 있다. 개구들 각각은 점 광원(point light source) 및 검출기로서 기능한다. 복수의 개구들을 각각 통과한 복수의 광빔들은 대물 렌즈에 의해 피 계측체(measurement object) 측 상의 각각의 대응하는 집광(converging) 위치들에 집광된다. 그러므로, 닙코 디스크가 회전하면, 복수의 개구들을 통과하여 피 계측체 측 상의 복수의 집광 위치들에 집광된 광빔들(이하, 스폿들(spots)이라 지칭함) 각각은 피 계측체 표면 상에 고속으로 용이하게 스캔될 수 있다.

[0005] 그러나, 닙코 디스크를 이용하여 피 계측체 표면 상에서 스폿들이 스캔되는 방법에서는 닙코 디스크의 회전으로 인한 역효과를 방지하기 어렵다. 닙코 디스크의 회전으로 인한 역효과의 예는 닙코 디스크의 회전에 따라 개구에 의해 묘사된 궤적 곡선의 곡률(curvature)이 디스크의 중심으로부터의 거리에 따라 다르다는 사실을 포함한다. 그러한 궤적의 곡률은 각 개구마다 다르고, 그에 따라 각 개구마다 스캐닝 속도가 다르게 되는 변화가 생긴다. 또한, 디스크의 편심(eccentricity)으로 인한 회전 편향(rotational deflection)을 방지할 수 없고, 디스크의 연속적인 회전에 의해 발생하는 변화를 방지할 수 없다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 본 발명은 전술한 바에 비추어 이루어진 것이며, 따라서, 본 발명의 목적은 복수의 스폿들을 피 계측체 표면 상에 선형으로 스캐닝할 수 있는 입체 형상 계측 장치를 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0007] 전술한 문제를 해결하기 위하여, 본 발명의 양태에 따른 입체 형상 계측 장치는 공초점(confocal) 광학계를 이용하고, 개구판, 대물 렌즈, 초점 위치 변경부, 광 검출기 그룹, 개구판 변위부, 촬상 제어부, 높이 결정부, 덮개 부재, 및 촬상 광학계를 포함한다. 상기 개구판에는 각각이 광원으로부터의 광빔들을 통과시키고 기설정된 배열 주기를 갖도록 2차원으로 배열된 복수의 공초점 개구들이 제공된다. 상기 대물 렌즈는 상기 복수의 공초점 개구들을 통과한 광빔들 각각을 물체 측 집광점(focused point)에 집광하고, 피 계측체에서의 집광된 광빔들의 반사에 의해 형성된 반사된 광빔들 각각을 각각의 대응하는 공초점 개구들에 다시 집광한다. 상기 초점 위치 변경부는 적어도 굴절률 및 두께 중 하나가 서로 다르고 상기 대물 렌즈의 광축과 교차하도록 회전 방향을 따라 배열된 복수의 평행판 형태의 부재들이 제공된 회전체, 및 상기 회전체를 기설정된 속도로 연속해서 회전시키도록 구성된 구동부를 포함한다. 그리고 상기 초점 위치 변경부는 상기 광축과 교차하는 상기 평행판 형태의 부재가 상기 회전체의 회전에 의해 변경될 때마다 상기 물체 측 집광점의 위치를 광축 방향으로 이산적으로 변경한다. 상기 광 검출기 그룹은 각각이 상기 공초점 개구를 다시 통과한 반사된 광빔의 강도에 대응하는 신호를 출력하는 복수의 광 검출기들을 포함한다. 상기 개구판 변위부는 상기 광축 방향에 수직인 방향에서 상기 물체 측 집광점의 위치와 상기 피 계측체의 위치 간의 상대 위치 관계를 변경하도록 상기 개구판을 상기 광축 방향에 수직인 기설정된 방향으로 등속도로 변위시킨다. 상기 촬상 제어부는 상기 광축 방향에 수직인 기설정된 방향으로 상기 개구판이 등속 이동하는 기간 내에서 상기 광 검출기 그룹이 복수회 노광을 수행하도록 하고, 촬상 대상 영역이 상기 평행판 형태의 부재에 포함될 때마다 상기 광 검출기 그룹이 각 노광을 수행하도록

한다. 또한, 상기 촬상 제어부는 상기 개구관의 이동 속도, 상기 회전체의 회전 속도, 및 상기 광 검출기 그룹의 노광 시간 및 노광 타이밍을 제어하여, 상기 광 검출기 그룹의 노광 시간이 상기 기설정된 배열 주기와 제1 양의 정수를 곱하여 구한 거리만큼 상기 개구관이 이동하는 시간과 일치하도록 한다. 상기 높이 결정부는 상기 초점 위치 변경부에 의해 상기 광축 방향으로 이산적으로 변경된 상기 물체 측 집광점들의 위치들 각각에 대한 상기 광 검출기의 신호에 기초하여, 상기 광 검출기들 각각에 입사되는 반사된 빔의 강도가 최대가 되는 상기 피 계측체의 위치를 추정한다. 상기 덮개 부재는 상기 개구관 변위부에 의해 상기 개구관과 일체로 변위되도록 상기 개구관 위에 제공된다. 상기 덮개 부재는 광원의 광빔들을 통과시키고 상기 광원의 광빔들을 상기 복수의 공초점 개구들에 조사되도록 해주는 투명체를 포함하고, 상기 덮개 부재는 상기 복수의 공초점 개구들을 분진으로부터 보호한다. 상기 촬상 광학계는 상기 덮개 부재의 상기 투명체를 포함하는 광학계 전체의 광학 특성을 고려하여 설계되며, 상기 공초점 개구들을 다시 통과한 반사된 광빔들을 상기 광 검출기로 유도한다.

발명의 효과

[0008] 전술한 입체 형상 계측 장치를 이용하면, 피 계측체의 표면 상에 복수의 스폿들이 선형으로 스캔될 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0009] 본 명세서에 포함되고 본 명세서의 일부를 구성하는 첨부 도면은 본 발명의 실시예들을 예시하며, 전술한 개괄적인 설명 및 후술하는 실시예들의 상세한 설명과 함께 본 발명의 원리를 설명하는 역할을 한다.

도 1은 본 발명의 제1 실시예에 따른 입체 형상 계측 장치의 구성예를 도시하는 전체 개략도이다.

도 2는 개구관의 구성예를 도시하는 평면도이다.

도 3은 초점 위치 변경부의 구성예를 도시하는 사시도이다.

도 4는 화상 처리 장치의 내부 구성의 예를 개략적으로 도시하는 블록도이다.

도 5a는 종래의 방법에 의해, 반사된 광빔의 강도가 최대가 되는 피 계측체의 Z축 좌표를 계산하기 위한 방법을 설명하는 도면이다.

도 5b는 본 실시예에 따른 피 계측체의 Z축 좌표를 계산하기 위한 방법을 설명하는 도면이다.

도 6a는 도 1에 도시된 예에 따른 덮개 부재가 제공된 개구관의 측면도이다.

도 6b는 덮개 부재가 제공된 개구관의 사시도이다.

도 7은 선명한 화상을 획득하기 위한 타이밍 차트의 예를 도시하는 예시도이다.

도 8은 반력 기구(reaction force mechanism)의 구성예를 도시하는 사시도이다.

도 9는 본 발명의 제2 실시예에 따른 입체 형상 계측 장치의 구성예의 전체 개략도이다.

도 10은 제2 실시예에 따른 피 계측체의 Z축 좌표를 계산하기 위한 방법을 설명하는 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0010] 이하, 도면을 참조하여 본 발명의 실시예에 따른 입체 형상 계측 장치에 대해 설명할 것이다.

[0011] 본 발명의 실시예에 따른 입체 형상 계측 장치는 2차원 어레이 형태의 공초점(confocal) 개구 어레이를 갖는 공초점 광학계를 이용하여 피 계측체의 형상을 계측한다. 공초점 개구 어레이는 개구들이 기설정된 배열 주기를 갖도록 개구관에 2차원으로 배열되는 방식으로 제공된다. 피 계측체의 예는 대량 생산되는 IC 패키지와 같은 부품의 (예를 들어, 수십 내지 수백 마이크론의 크기를 갖는) 전극 단자를 포함한다.

[0012] (제1 실시예)

[0013] 도 1은 본 발명의 제1 실시예에 따른 입체 형상 계측 장치의 구성예를 도시하는 전체 개략도이다. 이하의 설명에서는, 광축 방향이 Z축 방향으로 설정되고, 광축 방향에 수직인 방향이 X축 방향 및 Y축 방향으로 설정되는 경우가 예로서 설명된다는 점을 주목하자.

[0014] 입체 형상 계측 장치(10)는 광원(11a)을 갖는 조명 광학계(11), 주 표면이 광축 방향에 수직이 되도록 배열된 개구관(12), 대물 렌즈(13), 초점 위치 변경부(14), 피 계측체(15)를 장착하는 장착 베이스(16)를 포함한다.

입체 형상 계측 장치(10)는 피 계측체(15)로부터 반사된 광빔들을 수광하는 복수의 광 검출기들(17a)을 갖는 광 검출기 그룹(17), 장착 베이스(16)를 XYZ 방향들 각각으로 이동시키기 위한 장착 베이스 구동부(18), 장착 베이스(16) 및 장착 베이스 구동부(18)를 지지하기 위한 지지 베이스(19), 및 화상 처리 장치(20)를 더 포함한다. 장착 베이스 구동부(18)는 장착 베이스 Z 변위부(21) 및 장착 베이스 XY 변위부(22)를 포함한다.

[0015] 광원(11a)으로서, 예를 들어, 할로겐 램프, 및 레이저 등이 사용될 수 있다. 광원(11a)으로부터 방출되는 광은 조명 렌즈(23)를 통해 먼 조명 광속(planar illumination luminous flux)으로 형성된다. 이 광은 편광 빔 분리기(24)를 통해 개구관(12)을 조명한다.

[0016] 도 2는 개구관(12)의 구성예를 도시하는 평면도이다. 개구관(12)은 복수의 공초점 개구들(이하 개구들이라 지칭함)(25)이 기설정된 배열 주기 Δd 를 갖도록 2차원으로 배열되도록 구성된다. 개구관(12)은 개구관 변위부(26)에 의해 구동되어, 광축 방향에 수직인 기설정된 방향으로 변위된다. 이하에서는, 개구관(12)이 Y축 방향의 정방향 및 부방향으로 변위되는 경우의 예가 설명된다.

[0017] 일반적으로, 광빔들 간의 크로스토르크를 감소시키기 위해, 2차원 배열 형태의 개구 어레이의 개구들(25)이 기설정된 이격 거리만큼 서로 분리되도록 제공되는 것이 필요하다. 이러한 이유로, 2차원 배열 형태의 개구 어레이를 갖는 공초점 광학계에서, 광축에 수직인 면내(in-plane) 방향의 해상도가 이 이격 거리만큼 제한된다. 반면에, 최근, 고상 촬상 소자를 이용한 2차원 화상 센서용으로서, 매우 많은 개수의 픽셀들(예를 들어, 5000 x 5000 등)을 갖는 화상 센서가 개발되었다.

[0018] 이에 대처하기 위해, 본 실시예에서는, 광 검출기 그룹(17)이 노광되는 상태에서 개구관(12)을 선형으로 스캔함으로써 하나의 개구(25)가 복수의 픽셀들에 대응하도록 되어 있다.

[0019] 도 2의 부분 확대도에 도시된 바와 같이, 개구관(12)이 기설정된 배열 주기(주기 간격) Δd 만큼 변위된 경우, 촬상 대상 영역(27)의 내부가 개구들(25)에 의해 한번 균일하게 스캔될 수 있다. 도 2에서, 광 검출기 그룹(17)을 구성하는 광 검출기들(픽셀들)(17a)에 대응하는 위치들이 파선으로 가상적으로 표현된다.

[0020] 광 검출기(17a)의 노광 시간이 배열 주기 Δd 와 양의 정수 m 을 곱하여 구한 거리만큼 개구관(12)이 이동되는 시간과 일치하도록 제어되는 경우, 광빔이 각 개구(25)를 통해 각 광 검출기(17a)에 조사되는 시간이 균일해질 수 있다. 이러한 제어는 화상 처리 장치(20)에 의해 수행된다.

[0021] 개구관(12)의 각 개구(25)는 점 광원으로서 기능한다. 각 개구(25)를 통과한 광빔은 점 광원과 공액인 점(물체 측 집광점(focused point))에서 집광되도록 대물 렌즈(13)에 의해 초점 위치 변경부(14)를 통해 피 계측체(15)에 조사된다. 물체 측 집광점들은 각각 Z축 방향의 기설정된 위치에 배열되고 광축 방향에 수직인 표면(이하 물체 측 집광면(focused plane))이라 지칭함)에 위치한다. 대물 렌즈(13)는, 예를 들어, 양면 텔레센트릭 광학계(both-side telecentric optical system)을 형성하기 위해 복수의 렌즈 및 다이어프램(diaphragms)으로 구성될 수 있음을 주목하자.

[0022] 개구관 변위부(26)는 개구관(12)을 광축 방향에 수직인 방향으로 변위시킨다. 그러나, 개구관(12)의 등속도 특성이 좋지 않으면, 화상에 불균형이 랜덤하게 형성되어, 형상 계측 정확도를 악화시킨다. 이를 해결하기 위해, 개구관 변위부(26)는 고도로 제어 가능하고 직접 구동을 수행할 수 있는 선형 모터 또는 음성 코일 모터를 이용하여 페루프 제어를 받는 것이 바람직하다.

[0023] 장착 베이스 Z 변위부(21)는 스테핑 모터, 서보 모터 또는 피에조 모터와 같은 일반적인 구동 장치로 구성되며, 장착 베이스(16)를 광축 방향으로 변위시킨다. 변위의 양, 방향, 및 타이밍은 Z축 드라이버(30)를 통해 화상 처리 장치(20)에 의해 제어된다. 장착 베이스 Z 변위부(21)는, 예를 들어, 계측 시작 전에 장착 베이스(16)를 광축 방향으로 대략적으로 변위시킨다.

[0024] 도 3은 초점 위치 변경부(14)의 구성예를 도시하는 사시도이다.

[0025] 평행판 형상의 투명 부재(31)가 대물 렌즈(13)의 광로에 배열되는 경우, 대물 렌즈(13)의 물체 측 집광면의 위치는 Z 방향으로 이동된다. 이러한 이동 범위는 투명 부재(31)의 굴절률 및 두께에 의해 제어될 수 있다.

[0026] 이러한 이유로, 도 3에 도시된 바와 같이, 투명 부재들(31)은 회전체(32)의 회전 방향을 따라 일정 간격으로 회전체(32) 상에 배열된다. 투명 부재들(31)은 각각 대물 렌즈(13)의 물체 측 집광면 위치의 상이한 이동 범위를 갖도록 구성된다. 회전체(32)가 모터와 같은 구동부(33)에 의해 기설정된 속도로 연속해서 회전하면, 투명 부재들(31) 각각이 대물 렌즈(13)의 광축과 교차할 때마다 대물 렌즈(13)의 물체 측 집광면의 위치가 Z 방향으로

이산적으로(단계적으로) 이동될 수 있다.

- [0027] 회전체(32)의 회전 상태는 타이밍 센서(34)에 의해 검출된다. 타이밍 센서(34)의 출력은 화상 처리 장치(20)로 전송된다. 투명 부재들(31) 각각을 물체 측 집광점의 Z축 좌표와 연관시킨 정보는 화상 처리 장치(20)에 미리 저장된다. 타이밍 센서(34)의 출력에 기초하여, 투명 부재들(31) 각각이 광축과 교차하는 타이밍에서 화상 처리 장치(20)가 광 검출기 그룹(17)의 노광을 반복하면, 복수의 이산적인 물체 측 집광점의 각 위치에서 고속으로 용이하게 촬상이 수행될 수 있다.
- [0028] 구동부(33)는 화상 처리 장치(20)에 의해 제어가능하도록 구성될 수 있음을 주목하자. 이 경우, 화상 처리 장치(20)는 회전체(32)의 회전 속도를 제어할 수 있다.
- [0029] 피 계측체(15)에 의해 반사되는 광빔들 중에서, 특히 물체 측 집광점에서 반사되는 광빔은 물체 측 집광점과 광학적으로 공액 관계를 갖는 점(이하 화상 측 집광점이라 지칭함)에서 대물 렌즈(13)에 의해 집광된다. 점 광원으로서 기능하는 개구(25)는 물체 측 집광점에 일대일로 대응한다.
- [0030] 본 실시예에서는, 화상 측 집광점이 점 광원으로서 기능하는 개구(25)와 일치하는 경우의 예가 설명된다. 이 경우, 개구(25)를 통과한 광빔은 물체 측 집광점에서 집광되고, 물체 측 집광점에서 반사되어 개구(25)에 다시 입사된다.
- [0031] 개구(25)에 다시 입사된 광빔은 편광 빔 분리기(24)에 의해 편향되어, 촬상 광학계(35)에 입사되고 광 검출기 그룹(17)을 구성하는 광 검출기(17a)에 입사된다. 여기서, 촬상 광학계(35)는 개구(25)의 화상이 광 검출기 그룹(17)의 광전 변환 표면 상에 형성되도록 구성된다. 개구(25)(화상 측 집광점) 및 개구(25)에 대응하는 위치에 배열된 광 검출기(17a)는 편광 빔 분리기(24) 및 촬상 광학계(35)의 의해 서로 광학적으로 공액 관계에 있다.
- [0032] 광 검출기 그룹(17)은 소위 2차원 화상 센서이다. 광 검출기 그룹(17)을 구성하는 광 검출기(17a)는 CCD(전하 결합 소자) 화상 센서 또는 CMOS(상보형 금속 산화물 반도체) 화상 센서로 구성되며, 조사된 광빔의 강도에 대응하는 신호를 화상 처리 장치(20)로 출력한다. 또한, 광 검출기 그룹(17)에 의한 광 검출의 타이밍은 화상 처리 장치(20)에 의해 제어된다.
- [0033] 화상 처리 장치(20)는 광 검출기 그룹(17)으로부터 출력되는 신호를 수신하고 수신된 신호를 화상(이하 공초점 화상라 지칭함)을 생성하기 위한 화상 데이터(이하 공초점 화상 데이터라 지칭함)로서 사용할 수 있다. 또한, 화상 처리 장치(20)는, 예를 들어, 각 노광마다, 공초점 화상 데이터에 기초하여 공초점 화상을 발생할 수 있다. 본 실시예에서는, 화상 처리 장치(20)가 광 검출기 그룹(17)의 각 노광마다 공초점 화상을 발생하는 예가 설명된다. 또한, 화상 처리 장치(20)가 광 검출기 그룹(17)의 각 노광마다 광 검출기 그룹(17)의 출력 신호를 획득할 수 있다면, 이 출력 신호에 기초하여 입체 형상 계측을 수행할 수 있으며, 따라서 공초점 화상을 반드시 발생할 필요는 없다.
- [0034] 장착 베이스 구동부(18)의 장착 베이스 XY 변위부(22)는 장착 베이스(16)를 광축 방향에 수직인 방향으로 변위시킨다. 예를 들어, 장착 베이스 XY 변위부(22)는 계측들 사이의 각 간격으로 XY 표면의 계측 대상 영역을 이동시키는데 사용된다.
- [0035] 장착 베이스 XY 변위부(22)는 X축 방향 및 Y축 방향으로 장착 베이스(16)의 위치설정을 각각 수행하는 X축 변위 기구(41) 및 Y축 변위 기구(42)를 포함한다. X축 변위 기구(41) 및 Y축 변위 기구(42) 각각은, 예를 들어, 서보 모터로 구성된다. 그리고 X축 변위 기구(41) 및 Y축 변위 기구(42) 각각의 변위의 양, 방향, 및 타이밍은 XY축 드라이버(45)를 통해 화상 처리 장치(20)에 의해 제어된다.
- [0036] 도 4는 화상 처리 장치(20)의 내부 구성의 예를 개략적으로 도시하는 블록도이다. 화상 처리 장치(20)는, 예를 들어, 데스크탑 형태의 개인용 컴퓨터, 또는 노트북 형태의 개인용 컴퓨터 등으로 구성될 수 있다. 화상 처리 장치(20)는 입력부(51), 표시부(52), 기억부(53), 및 주 제어부를 포함한다.
- [0037] 입력부(51)는, 예를 들어, 키보드, 터치 패널, 및 텐 키(ten key)와 같은 일반적인 입력 장치로 구성되며, 사용자의 조작에 대응하는 조작 입력 신호를 주 제어부로 출력한다.
- [0038] 표시부(52)는, 예를 들어, 액정 디스플레이 또는 OLED(유기 발광 다이오드) 디스플레이와 같은 일반적인 디스플레이 출력 장치로 구성되며, 주 제어부의 제어에 따라 각종 정보를 표시한다.
- [0039] 기억부(53)는 CPU에 의해 판독 및 기록이 가능한 저장 매체이다. 기억부(53)는 평행판 형상의 투명 부재들(31)

각각을 물체 측 집광점의 Z축 좌표와 연관시킨 정보를 미리 저장한다.

- [0040] 주 제어부는 CPU, 및 RAM 및 ROM을 포함하는 저장 매체 등으로 구성된다. 주 제어부의 CPU는 ROM을 포함한 저장 매체에 저장되어 있는 선형 스캐닝 프로그램, 및 그 프로그램을 실행하는데 필요하고 저장 매체에 저장되어 있는 데이터를 RAM에 로딩하고, 피 계측체의 표면을 선형으로 스캔하는 처리를 실행한다.
- [0041] 주 제어부의 RAM은 CPU에 의해 실행되는 프로그램 및 데이터를 일시적으로 저장하는 작업 영역을 제공한다. 주 제어부의 ROM을 포함한 저장 매체는 화상 처리 장치(20)의 시작 프로그램 및 선형 스캐닝 프로그램, 및 그러한 프로그램들을 실행하는데 필요한 각종 데이터를 저장한다.
- [0042] ROM을 포함한 저장 매체 및 기억부(53)는 자기 기록 매체, 광학 기록 매체, 또는 반도체 메모리와 같은 CPU가 판독가능한 기록 매체를 포함하여 구성되어, 저장 매체에 저장되어 있는 프로그램 및 데이터의 일부 또는 모두가 전자 네트워크를 통해 다운로드될 수 있다. 여기서, 전자 네트워크는 총괄하면 전자 통신 기술을 이용한 정보 통신 네트워크를 의미하며, 무선 또는 유선 LAN(근거리 네트워크), 및 인터넷 네트워크를 비롯하여, 전화 통신 네트워크, 광섬유 통신 네트워크, 케이블 통신 네트워크, 및 위성 통신 네트워크 등을 포함한다.
- [0043] 주 제어부의 CPU는 선형 스캐닝 프로그램을 실행하여 적어도 촬상 제어부(54), 높이 결정부(55), 및 화상 발생부(56)로서 기능한다. 각 부(54 내지 56)는 RAM의 필요한 작업 영역을 데이터의 임시 저장 영역으로 이용한다. 각 기능을 실현하는 각 부(54 내지 56)는 또한 CPU를 이용하지 않고 하드웨어 로직 회로를 이용하여 구성될 수 있다.
- [0044] 촬상 제어부(54)는 초점 위치 변경부(14), 광 검출기 그룹(17), 및 개구판 변위부(26)를 제어한다. 이에 따라 촬상 제어부(54)는 개구판(12)이 개구판 변위부(26)에 의해 Y축 방향으로 등속으로 변위되는 동안 촬상 대상 영역(27)이 평행판 형상의 투명 부재(31)에 포함되는 각 기간마다 광 검출기 그룹(17)이 노광(촬상)을 수행하도록 한다. 이때, 촬상 제어부(54)는 개구판(12)의 이동 속도, 회전체(32)의 회전 속도, 및 광 검출기 그룹(17)의 노광 시간 및 노광 타이밍을 제어하여, 광 검출기 그룹(17)의 노광 시간이 배열 주기 Δd 와 양의 정수 m 를 곱하여 구한 거리만큼 개구판(12)이 이동하는 시간과 일치하도록 한다.
- [0045] 높이 결정부(55)는 촬상 제어부(54)로부터 물체 측 집광점의 현재 Z축 좌표(현재 광축과 교차하는 투명 부재(31)에 대한 정보)를 획득하고 또한 광 검출기 그룹(17)의 출력을 획득한다. 광축 방향으로 이산적으로 변경된 물체 측 집광점의 각 위치에 대한 광 검출기(17a)의 신호에 기초하여, 높이 결정부(55)는, 각 광 검출기(17a)마다, 광 검출기(17a)에 입사되는 반사된 광빔의 강도가 최대가 되는 광축 방향의 피 계측체(15)의 위치를 계산한다.
- [0046] 여기서, 원점이 장착 베이스(16)의 중심에 설정된 좌표계(장착 베이스 좌표계)를 고려해 보면, 장착 베이스 좌표계에서 계측 대상 영역(촬상 대상 영역(27))의 XY 좌표는 장착 베이스 XY 변위부(22)의 현재 위치로부터 고유하게 얻을 수 있다. 이러한 이유로, 장착 베이스 좌표계에서 각 광 검출기(17a)에 대응하는 XY 좌표는 장착 베이스 XY 변위부(22)의 현재 위치에 대응하여 고유하게 결정된다.
- [0047] 종래에는, 공초점 광학계를 이용한 형상 계측 기술에서 광 검출기들(17a)의 출력으로부터 이산적으로 획득된 복수의 신호들의 강도에 기초하여 반사된 광빔의 강도가 최대가 되는 피 계측체(15)의 Z축 좌표를 계산하는 방법으로서 여러 방법들이 공지되어 있다. 이들 방법들 중에서, 어떠한 방법이라도 사용될 수 있다.
- [0048] 도 5a는 종래의 방법에 의해 반사된 광빔의 강도가 최대가 되는 피 계측체(15)의 Z축 좌표를 계산하기 위한 방법을 설명하는 도면이다. 도 5b는 본 실시예에 따른 피 계측체(15)의 Z축 좌표를 계산하기 위한 방법을 설명하는 도면이다.
- [0049] 도 5에서 산형(mountain-shaped) 곡선은 공초점 광학계의 축상 응답 곡선(on-axis response curve)(피 계측체(15)에 대한 대물 렌즈(13)의 초점 위치(물체 측 집광점 위치)의 상대 위치가 광축 방향과 평행한 방향으로 변경되는 경우의 광 검출기(17a)의 출력)를 나타낸다. 축상 응답 곡선에서, 산형 곡선의 중간의 피크 위치가 최적의 초점 위치라고 할 수 있다. 이 피크 위치는 광 검출기(17a)에 입사되는 반사된 광빔의 강도가 최대가 되는 상대 위치(이하 표면 초점 위치라 지칭함)이다. 그러므로, 피크 위치에 대한 정보에 기초하여, XY 위치가 광 검출기(17a)에 대응하는, 피 계측체(15)의 표면 상의 XY 위치에서 광축 방향 위치(표면 높이)에 대한 정보를 획득할 수 있다.
- [0050] 그러나, 도 5a에 도시된 바와 같이, 종래의 기술에서는, 물체 측 집광점의 위치를 필요한 해상도 스텝 크기로 정교하게 이동시켜 광 검출기(17a)의 출력 신호들을 획득하여, 이러한 획득된 출력 신호들로부터 최대의 강도에

대응하는 위치를 구하는 방법이 사용되어 왔다. 이 방법에서는, 피 계측체(15)에 대한 초점 위치의 상대 위치가, 예를 들어, 장착 베이스(16)를 Z 방향으로 이동시켜 광축 방향과 평행한 방향으로 변경되는 동안 한 번의 계측시 200개 이상의 공초점 화상들을 획득하는 것이 필요하다.

[0051] 한편, 개구관(12)이 선형으로 스캔되는 경우, 개구관(12)은 많은 개수의 공초점 화상들을 모두 획득하는 기간 동안 개구관(12)이 등속도로 이동하도록 매우 길어야 한다. 이에 대처하기 위해, 본 실시예는 한 번의 계측에 필요한 공초점 화상들의 개수를 줄일 수 있는 산술 연산 방법을 이용한다.

[0052] 구체적으로, 도 5b에 도시된 바와 같이, 광축 방향의 피 계측체(15)에 대한 초점 위치(대물 렌즈(13)의 물체 측 집광점)의 상대 위치가 필요한 해상도 스텝 크기보다 훨씬 더 큰 스텝 크기(예를 들어, 약 세 점의 데이터를 반사된 광빔의 강도의 중앙 산형 분포에서 구할 수 있게 해주는 스텝 크기)로 변경되는 동안, 각 상대 위치에서 노광이 수행되고, 보간(interpolation) 동작을 이용하여 중앙 산형 분포의 피크 위치가 추정된다.

[0053] 보간 동작 방법의 예로는 산형 분포가 가우시안 분포라고 가정하는 방법 등이 있다. 중앙 산형 분포를 가우시안 함수에 적용하여 중앙 산형 분포의 피크 위치를 구하는 경우, 피크 위치는 아래에 제시된 수학적 식 1에 의해 추정될 수 있다. 수학적 식 1에 의해, 피크 위치는 최대값 fp에 대응하는 한 점, 및 각각 fp-1 및 fp+1 값들에 대응하고 최대값 fp에 대응하는 점의 전후 점들인 다른 두 점을 포함하는 세 점의 값들에 기초하여 추정될 수 있다.

수학적 식 1

$$zfocus = zp + (\ln(fp + 1) - \ln(fp - 1)) / (2(2\ln(fp) - \ln(fp - 1) - \ln(fp + 1)))$$

[0054]

[0055] 여기서, 참조 문자 zfocus는 산형 분포의 피크를 제공하는 초점 위치를 나타내고, 참조 문자 zp는 최대값 fp를 제공하는 초점 위치를 나타낸다.

[0056] 그러한 보간 동작에 따라, 높이 결정에 필요하고 광축 방향으로 이산적으로 변경되는 물체 측 집광점들의 위치들(광축 방향 계측 위치들)의 개수, 즉, 입력 공초점 화상들의 개수가 종래의 방법에 비해 상당히 줄어들 수 있다. 예를 들어, 종래에는 200개의 공초점 화상들이 필요하였지만, 화상들의 개수는 20개 이하로 줄어들 수 있다.

[0057] 높이 결정부(55)에 의해 각 광 검출기(17a)마다 피 계측체(15)의 광축 방향 위치가 계산된다. 피 계측체(15)의 광축 방향 위치에 기초하여, 화상 발생부(56)는 피 계측체(15)의 형상 화상을 발생하여 그 형상 화상이 표시부(52)에 의해 표시될 수 있도록 한다.

[0058] 한 번의 계측(하나의 형상 화상을 생성하기 위한 처리)에 필요하고 광축 방향으로 이산적으로 변경되는 물체 측 집광점들의 위치들(광축 방향 계측 위치들)의 개수가 회전체(32)의 투명 부재들(31)의 개수의 양의 정수의 분수(예를 들어, 1/2, 또는 1/3 등)로 설정될 수 있음을 주목하자. 예를 들어, 광축 방향 계측 위치들의 개수가 회전체(32)의 투명 부재들(31)의 개수와 일치하는 경우, 회전체(32)의 한 번 회전에 의해 한 번의 계측이 수행될 수 있다. 또한, 개구관(12)에 제공된 개구들(25)의 주기 개수는 개구관(12)이 Y축 방향의 기설정된 방향(정방향 및 부방향 중 하나)으로 등속도로 이동하는 동안 적어도 한 번의 계측이 수행될 수 있는 수로 설정될 수 있다.

[0059] 또한, 개구관(12)이 Y축 방향의 기설정된 방향(정방향 및 부방향 중 하나)으로 등속도로 이동하는 동안 적어도 한 번의 계측이 수행되며, 개구관(12)의 이동 방향이 반대로 되어 개구관(12)이 등속도로 이동한 후, 다음 계측이 수행되는 방식으로 계측이 수행될 수도 있다. 또한, 이때, 개구관(12)의 이동 방향 반전 등을 위해 개구관(12)이 가속되고 감속되는 기간에는, 피 계측체(15)를 XY축 방향으로 이동시킴으로써 계측 대상 영역이 또한 변경될 수 있다. 이 경우, 복수회의 계측 전체에 필요한 시간이 줄어들 수 있다.

[0060] 공초점 "현미경"은 주로 관찰용으로 사용되며, 따라서 촬상을 연속해서 수행하는데 필요하다는 것을 주목하자. 이러한 점에서, 님코 디스크를 이용한 공초점 현미경이 편리하다고 할 수 있는데, 그 이유는 이를 이용하면 님코 디스크가 회전하는 한 연속해서 공초점 화상이 획득될 수 있기 때문이다. 그러나, 표면 형상 계측에서는, 각 계측들(각 시야) 사이에 간격이 존재하고, 그래서 연속해서 촬상을 수행하는 것이 필요하지 않다. 따라서,

넙코 디스크의 회전을 이용한 스캐닝 방법과 같은 연속적 스캐닝 방법 대신에 본 실시예에 따른 개구관(12)의 이동을 이용한 방법과 같은 이산적 스캐닝 방법이 이용되는 경우에도 개구관(12)이 등속도로 이동하는 기간 동안 한 번의 계측이 완료되는 한 문제가 없다.

[0061] 본 실시예에 따른 입체 형상 계측 장치(10)는 개구관(12)을 선형으로 스캔할 수 있다. 따라서, 광 검출기 그룹(17)이 노광되는 동안, 개구관(12)이 선형으로 스캔되는 경우, 하나의 개구(25)가 복수의 픽셀들에 대응하도록 될 수 있어, 고 해상도가 실현될 수 있다. 또한, 물체 측 집광점의 스캐닝 궤적이 완전한 직선을 따르게 될 수 있으며, 따라서 피 계측체(15)의 표면 상의 스캐닝 영역(계측 대상 영역)이 직사각형 형상으로 형성될 수 있다. 따라서, 넙코 디스크를 이용한 경우와 비교하여 2차원 화상 센서와의 호환성이 개선될 수 있다.

[0062] 본 실시예에서는, 개구관(12)이 복수의 핀홀들(개구들(25))을 구비한 핀홀 어레이 형태인 경우의 예가 설명된다. 이 경우, 개구들이 기설정된 배열 주기 Δd 를 갖도록 배열되는 것만 필요할 뿐이며, 따라서 슬릿 어레이 형태의 개구관도 사용될 수 있다. 개구관(12)으로서 슬릿 어레이 형태의 개구관이 사용되는 경우, 각 슬릿의 긴 변이 개구관(12)의 이동 방향에 수직인 방향으로 설정되어 있어, 서로 인접한 슬릿들의 중심 사이의 이동 방향의 간격이 Δd 의 양의 정수의 분수가 되도록 복수의 슬릿이 배열될 때 기설정된 배열 주기는 Δd 로 간주될 수 있다.

[0063] 그러한 슬릿을 갖는 개구관(12)이 사용되는 경우, 공초점 화상을 획득하는데 필요한 최소 스캔 폭은 서로 인접한 슬릿들의 중심 간의 간격(피치)과 같다. 즉, 개구관(12)이 슬릿의 피치만큼 이동하면, 광 검출기 그룹(17)을 구성하는 모든 광 검출기들(17a)에 의해 공초점 데이터가 획득될 수 있다. 이러한 이유로, 슬릿 어레이 형태의 개구관(12)이 사용되는 경우, 하나의 공초점 화상을 획득하는데 필요한 개구관(12)의 이동 거리는 핀홀 어레이 형태의 개구관(12)을 사용하는 경우에 비해 줄어들 수 있다.

[0064] 다음에, 개구관(12)의 상세한 구성 및 개구관(12)의 방진(dust-proof) 방법에 대해 설명할 것이다.

[0065] 개구관(12)에 1 내지 수 μm 의 직경 크기를 갖도록 개구(25)가 형성된다. 이런 이유로, 적어도 복수의 개구들(25)이 형성된 영역(이하 개구 영역이라 지칭함)에 방진 조치가 취해진다. 개구 영역의 방진 수단으로서 입체 형상 계측 장치(10)의 광학계 전체를 하우징으로 폐쇄하는 방법, 또는 개구관(12) 및 개구관 변위부(26)를 하우징으로 폐쇄하는 방법이 채용되는 경우, 진술한 방법 모두 대규모 구성을 필요로 하며 또한 개구관 변위부(26)와 같은 구동부로부터 분진이 발생되어 개구 어레이 영역에 부착될 수 있다.

[0066] 이를 해소하기 위해, 본 실시예에 따른 입체 형상 계측 장치(10)는 분진으로부터 개구관(12)을 보호하기 위한 덮개 부재(60)를 포함한다. 덮개 부재(60)는 분진으로부터 개구관(12)의 개구 영역의 양면을 보호하는데 사용된다. 도 1은 덮개 부재(60)의 구성예를 개략적으로 도시한다. 또한, 도 6a는 도 1에 도시된 예에 따른 덮개 부재(60)를 구비한 개구관(12)의 측면도이고, 도 6b는 덮개 부재(60)를 구비한 개구관(12)의 사시도이다.

[0067] 도 1 및 도 6에 도시된 덮개 부재(60)의 구성예에 있어서, 개구관(12)은 투명성 기관(12a)으로 구성된다. 이러한 구성은 투명성 기관(12a)의 광원 측 표면이 크롬 에칭되어 개구들(25)을 형성하는 경우에 적합하다. 이 경우, 투명성 기관(12a)에 의해 개구 영역의 대물 렌즈 측 표면이 분진으로부터 보호된다. 이러한 이유로, 단지 개구 영역의 광원 측 표면만 덮개 부재(60)에 의해 분진으로부터 보호되면 된다. 따라서, 도 1 및 도 6에 도시된 바와 같이, 개구들(25)을 덮고 개구 영역의 광원 측 표면을 분진으로부터 보호하기 위해 개구관(12)의 광원 측에(개구들(25)이 형성된 측면에) 덮개 부재(60)를 탈착가능하게 제공하는 것만 필요할 뿐이다. 이하, 이러한 경우의 개구관(12) 및 덮개 부재(60)의 구성에 대해 더욱 상세히 설명할 것이다.

[0068] 덮개 부재(60)는 투명체(61), 투명체(61)의 지지 부재(62), 및 중간판(63)을 포함한다. 반면에, 개구관(12)은 투명성 기관(12a)의 광원 측 표면 상에 복수의 개구들(25)이 형성된 개구 영역을 포함한다.

[0069] 지지 부재(62) 및 중간판(63) 각각에는 광원(11a)으로부터 광빔을 투과하기 위한 개구부가 제공된다. 투명체(61)의 둘레 전체는 지지 부재(62)의 개구부의 내측 또는 외측에 접착된다. 지지 부재(62)는 지지 부재(62)의 개구부의 중심이 중간판(63)의 개구부의 중심과 실질적으로 일치하도록 중간판(63)에 나사로 고정된다. 또한, 중간판(63)의 개구부를 둘러싸도록 지지 부재(62) 및 중간판(63) 사이의 접촉면에 0 링과 같은 패킹(64)이 제공되는 경우, 방진 효과가 더욱 개선될 수 있다.

[0070] 또한, 지지 부재(62)의 고정 측면과 반대측의 중간판(63)의 측면에, 개구들(25)의 형성면(65) 및 중간판(63)의 개구부가 서로 대향하도록 개구관(12)의 주변부 전체가 용접된다. 그 결과, 복수의 개구들(25)이 형성된 개구 영역이 개구관(12), 투명체(61), 지지 부재(62), 및 중간판(63)으로 형성된 폐쇄 공간에 제공될 수 있다.

또한, 개구판(12) 및 덮개 부재(60)는 개구판 변위부(26)에 의해 Y축 방향으로 일체로 변위된다.

- [0071] 개구판(12)의 주변부 전체를 중간판(63)에 용접할 필요는 없고, 개구판(12)이 0 링과 같은 패킹을 통해 중간판(63)에 탈착가능하게 나사 고정될 수 있음을 주목하자. 이 경우, 덮개 부재(60)는 개구판(12)에 탈착가능하게 부착된다. 개구판(12)이 덮개 부재(60)에 탈착가능하게 압입(press-fitted)되는 경우, 개구판(12)의 교체 및 유지보수가 용이하게 수행될 수 있다.
- [0072] 중간판(63)은 개구판(12)이 L형 지그(66)의 개구부에 장착되도록 L형 지그(66)의 종방향 부분에 나사 고정된다. L형 지그(66)의 횡방향 부분은 개구판 장착부(67)에 나사 고정된다. 개구판 장착부(67)는 촬상 제어부(54)에 의해 제어되는 선형 모터(68)에 의해 선형 가이드(68a)를 따라 Y축 방향으로 변위된다. 선형 모터(68)의 구동 제어는 선형 가이드(68a)의 주변에 제공된 각종 센서들의 센서 그룹(69)으로부터의 출력 신호를 이용하여 수행된다. 센서 그룹(69)에는 원점 센서, 및 리미트 센서 등이 포함되어 있다.
- [0073] 덮개 부재(60)는 개구 영역을 덮고 개구 영역의 광원 측을 분진으로부터 보호하기 위해 개구판(12)의 개구들(25)의 광원 측 형성면(65)에 제공된다. 이에 따라, 개구판 변위부(26) 전체가 하우징으로 덮힌 경우, 또는 입체 형상 계측 장치(10)의 광학계 전체가 하우징으로 덮힌 경우에 비해, 매우 경량이면서 간단한 구성에 의해 방진이 성취될 수 있고, 또한 모터에 의해 발생하는 분진의 역효과도 방지될 수 있다.
- [0074] 투명체(61) 및 투명성 기관(12a) 각각은 개구판(12)의 개구 영역에 분진이 접촉하는 것을 방지해 주지만, 투명체(61) 및 투명성 기관(12a) 자체 각각에 분진이 접촉하는 것을 방지할 수는 없다. 그러나, 투명체(61) 및 투명성 기관(12a) 각각이 충분한 두께를 갖는 경우, 투명체(61) 및 투명성 기관(12a) 각각의 표면에 접촉되는 분진은 개구판(12)의 위치와 분리된다. 이와 같은 개구판(12)의 위치는 촬상 광학계(35) 및 대물 렌즈(13)의 화상 형성 위치이다. 따라서, 화상 형성 광속의 직경은 투명체(61) 및 투명성 기관(12a) 각각의 표면에 접촉되는 분진의 위치에서 크다. 그러므로, 화상 형성 광속은 분진에 의해 완전히 차단될 수 없으며, 따라서 분진의 영향은 작다.
- [0075] 그러나, 두꺼운 투명체(61)가 광로에 삽입되는 경우, 촬상 광학계(35)의 화상 형성 성능에 미치는 투명체(61)의 영향이 무시될 수 없다. 따라서, 촬상 광학계(35)는 투명체(61)의 두께를 고려하여 설계될 필요가 있다. 물론, 투명체(61)로서 맥리(striae)가 없고 표면 정밀도와 평행도가 충분히 높은 광학 유리가 사용될 필요가 있다.
- [0076] 개구들(25)이 투명성 기관(12a)의 광원 측에 형성되고, 덮개 부재(60)가 개구 영역의 광원 측을 분진으로부터 보호하는 경우의 예가 도 1 및 도 6에 도시되어 있지만, 개구판(12) 및 덮개 부재(60)는 광로 상에 전체로서 반전되어 배열될 수 있음을 주목하자. 즉, 개구들(25)은 투명성 기관(12a)의 대물 렌즈 측에 형성될 수 있고, 개구 영역의 대물 렌즈 측은 덮개 부재(60)에 의해 분진으로부터 보호될 수 있다.
- [0077] 또한, 덮개 부재(60)는 개구판(12)의 개구 영역의 양면이 분진으로부터 보호되는 구성을 갖는 것만 필요할 뿐이다. 따라서, 덮개 부재(60)의 구성은 도 1 및 도 6에 도시된 구성으로 제한되지 않는다. 도 1 및 도 6에 도시된 구성예에서는, 개구판(12)의 개구 영역의 한 측면이 투명성 기관(12a)에 의해 분진으로부터 보호되며, 따라서 덮개 부재(60)가 개구 영역의 다른 한 측면을 분진으로부터 보호할 수 있도록 구성되는 것만 필요할 뿐이다. 반면에, 예를 들어, 개구판(12)이 (금속판, 및 차광 도료가 코팅된 플라스틱판 등을 포함하여) 차광성이 높은 판으로 형성되는 경우, 그리고 개구들(25)이 그 판에 홀을 제공하여 형성되는 경우, 덮개 부재(60)는 개구판(12)의 개구 영역의 광원 측 및 대물 렌즈 측을 모두 덮도록 구성되는 것이 바람직하다. 이때, 덮개 부재(60)는, 예를 들어, 도 1에 도시된 두 세트의 투명체(61) 및 지지 부재(62)를 포함하고, 그 세트들 각각은 차광성이 높은 판으로 형성된 개구판(12)의 개구 영역의 광원 측 및 대물 렌즈 측 각각에 탈착가능하게 제공되는 것이 바람직하다.
- [0078] 다음에, 촬상 제어부(54)에 의한 촬상 제어 방법에 대해 설명할 것이다.
- [0079] 촬상 제어부(54)는 초점 위치 변경부(14), 광 검출기 그룹(17), 및 개구판 변위부(26)를 제어한다. 이에 따라 촬상 제어부(54)는 개구판(12)의 이동 속도, 회전체(32)의 회전 속도, 및 광 검출기 그룹(17)의 노광 시간 및 노광 타이밍을 제어하여, 광 검출기 그룹(17)의 노광 시간이 배열 주기 Δd 와 양의 정수 m 을 곱하여 구한 거리만큼 개구판(12)이 이동하는 시간과 일치하도록 한다. 예를 들어, 개구들(25)의 배열 주기 Δd 가 100 μm 인 경우, 그리고 개구판(12)의 일정한 이동 속도 v 가 10 mm/s인 경우, 개구판(12)이 배열 주기 Δd 를 이동하는데 필요한 시간 Δt 은 10 ms이다. 이 경우, 광 검출기 그룹(17)의 노광 시간 Δt_1 은 $\Delta t=10$ ms와 양의 정수 m 을 곱하여 구한 시간과 정확히 일치하도록 제어된다.

- [0080] 그러나, 노광 시간 Δt_1 이 $m \cdot \Delta t$ 와 정확히 일치하는 경우에도, 노광 시간 Δt_1 에 미묘한 오차가 있으면, 화상에 패턴이 발생된다. 이러한 패턴은 노광 시작 시간에 개구들(25)의 위치에 의해 정해진다. 즉, 노광 시작 시간에 개구들(25)의 위치 주변의 픽셀들에 노광 부족 또는 과잉 노광이 발생하여 패턴으로 나타나게 된다. 또한, 개구들(25)의 배열 방향 및 개구판(12)의 이동 방향이 서로 정확하게 일치하지 않고 서로 편향되는 경우, 그러한 편향이 아주 작을 때에도, 유사한 패턴이 나타난다. 또한 이러한 패턴은 노광 시작 시간에 개구들(25)의 위치에 의해 정해진다. 따라서, 개구들(25)이 노광 시작 시간에 랜덤하게 위치하는 경우, 그 패턴도 역시 랜덤하게 변경된다.
- [0081] 한편, 노광 시작 타이밍은 초점 위치 변경부(14)의 타이밍 센서(34)의 트리거 타이밍에 따라 결정된다. 이러한 이유로, 예를 들어, 회전체(32)의 회전수가 개구판 변위부(26)와 완전히 독립적으로 결정되는 경우, 전술한 패턴은 각 화상 획득마다 대체로 랜덤하게 정해져서, 계측 동작에 사용되는 측상 응답 곡선에서 잡음 성분으로 반영된다. 이에 따라, 계측 정확도가 저하된다.
- [0082] 그러한 문제를 방지하기 위해, 랜덤한 타이밍에서 노광을 시작하지 않도록 하고, 개구판(12)이 배열 주기 Δd 만큼 이동하는 시간(전술한 예에서 10 ms)의 정수배에 해당하는 간격으로만 노광을 시작할 수 있도록 하는 것이 필요하다. 이에 따라, 패턴이 랜덤하게 발생되지 않아, 더 선명한 화상이 획득될 수 있다.
- [0083] 도 7은 선명한 화상을 획득하기 위한 타이밍 차트의 예를 도시하는 예시도이다.
- [0084] 도 7에 도시된 바와 같이, 촬상 제어부(54)는 회전체(32)의 투명 부재(31)가 광축과 교차할 때마다 광 검출기 그룹(17)이 노광을 수행하도록 한다. 이때, 촬상 제어부(54)는 광 검출기 그룹(17)의 노광 시간 Δt_1 을 개구판(12)이 배열 주기 Δd 만큼 이동하는데 필요한 시간 Δt 와 양의 정수 m 을 곱하여 구한 시간 $m \cdot \Delta t$ 과 일치하도록 한다. 이때, 촬상 제어부(54)는 개구판(12)의 이동 속도 v 가 $v = \Delta d / \Delta t$ 로 설정되도록 이동 속도 v 를 제어한다. 또한, 촬상 제어부(54)는 서로 인접한 노광 시작 시간들 간의 간격을, Δt 와 양의 정수 n (여기서 $n > m$)을 곱하여 구한 시간 $n \cdot \Delta t$ 와 일치하도록 한다.
- [0085] 예를 들어, 전술한 예에서, $m=1$ 및 $n=2$ 인 경우가 고려된다. 이 경우, 카메라의 가장 높은 촬상 속도가 60 fps (약 17 ms/장(sheet))인 방식으로 화상들이 획득된다고 가정한다. 또한 계측 시작시 제1 화상의 (랜덤하게 설정될 수 있는)노광 시간 타이밍에 노광이 수행된 후, 노광 시작 타이밍부터 20 ms 간격으로 다음 화상의 노광이 시작되어 다음 화상을 획득한다고 가정한다. 물론, 노광 시간은 정확히 10 ms로 설정된다고 가정한다. 이 경우, 제1 화상에 이어서 획득되는 각 화상에 나타나는 패턴은 제1 화상의 패턴과 완전히 같은 위치에 나타난다. 노광 시작 시간에 개구들(25)이 랜덤하게 위치하는 경우, 패턴도 랜덤하게 변경되어, 측상 응답 곡선에서 잡음으로서 혼합됨으로써, 계측 정확도가 영향을 받는다. 그러나, 패턴의 위치가 변경되지 않고 고정되는 경우, 패턴은 측상 응답 곡선에 잡음으로서 나타나지 않고, 단순히 전체로서 곡선의 높이(강도)의 차이의 형태로 나타난다. 따라서, 패턴은 계측 정확도에 거의 영향을 미치지 않는다.
- [0086] 또한, 회전체(32) 상에 제공된 투명 부재들(31)의 개수에 대응하는 화상들의 개수를 획득하여 한 번의 계측이 완료되는 경우, 회전체(32)의 회전 속도가 노광(화상 입력) 주기와 투명 부재(31)의 개수를 곱한 것의 역수와 일치하도록 되는 것이 바람직하다. 예를 들면, 투명 부재(31)의 개수가 10이라고 가정하면, 전술한 예에서 노광 주기와 투명 부재(31)의 개수를 곱한 것은 $20 \text{ ms} \times 10(\text{부재}) = 200 \text{ ms}$ 로 얻어지며, 따라서 회전체(32)는 $1/200 \text{ ms} = 5 \text{ rps}$ 의 회전 속도로 회전된다. 회전체(32)의 속도가 정확하다면, 그리고 타이밍 센서(34)가 높은 정확도를 갖고 20 ms 간격으로 타이밍 신호를 정확하게(무시할 만한 오차 내에서) 발생할 수 있다면, 전술한 목적이 성취될 수 있다. 또한, 회전체(32)의 타이밍 신호가 정확하지 않다면, 계측 시작 명령 후에, 타이밍 센서(34)의 제1 신호를 트리거로 이용하여 노광이 시작되고, 이후에 20 ms 간격으로 노광이 정확하게 시작되는 방식으로 10개의 화상이 획득될 수 있다. 이러한 방식으로, 회전체의 속도가 기껏해야 한 회전 기간 동안만 크게 벗어나지 않는 것만 필요할 뿐이며, 따라서 회전체의 회전 속도의 정확도가 그렇게 엄격하게 요구되지 않는다.
- [0087] 다음에, 개구판(12)의 가속 및 감속에 의해 발생하는 힘의 영향을 감소시키기 위한 방법에 대해 설명할 것이다.
- [0088] 개구판(12)은 가능한 빠르게 등속도로 가속되는 것이 바람직하다. 그러나, 개구판(12)이 빠르게 가속되거나 감속되는 경우, 개구판(12)은 가속 및 감속에 의해 발생하는 힘에 의해 진동되어, 계측 정확도를 저하시킬 수 있다는 점이 고려된다. 개구판(12)의 가속 및 감속에 의해 발생하는 힘의 영향을 감소시키기 위해, 반력 기구(reaction force mechanism)를 제공하는 것이 바람직하다.
- [0089] 도 8은 반력 기구(70)의 구성예를 도시하는 사시도이다. 반력 기구(70)는 선형 모터(68)에 의해 선형 가이드(68a)를 따라 Y축 방향으로 변위되는 이동체(71), 및 이동체(71)에 제공되어 이동체(71)와 일체로 변위되는 조

절 부재(72)를 포함한다.

[0090] 이동체(71)는 촬상 제어부(54)에 의해 제어되는 선형 모터(68)에 의해 구동되며 이에 따라 개구관(12)의 가속 및 감속에 의해 발생하는 힘의 영향을 감소시킨다(상쇄시킨다). 예를 들어, 개구관 장착부(67)에 놓인 물품의 무게에 개구관 장착부(67) 자체의 무게를 더한 것이 반력 기구(70)의 무게와 일치하도록 조절 부재(72)의 무게가 선택되면, 개구관 장착부(67)와 반력 기구(70)의 무게 중심이 개구관 장착부(67)와 이동체(71) 사이의 중간에 존재한다. 이 경우, 예를 들어, 이동체(71) 및 개구관 장착부(67)가 각각 반대 방향으로 동일한 비율로 가속되거나 감속되어 전술한 무게 중심을 기준으로 대칭적으로 위치하는 경우, 개구관(12)의 가속 또는 감속에 의해 발생하는 힘의 영향이 감소될 수 있다.

[0091] (제2 실시예)

[0092] 다음에, 본 발명에 따른 입체 형상 계측 장치의 제2 실시예에 대해 설명할 것이다.

[0093] 도 9는 본 발명의 제2 실시예에 따른 입체 형상 계측 장치(10A)의 구성예의 전체 개략도이다.

[0094] 제2 실시예로 도시된 입체 형상 계측 장치(10A)는 초점 위치 변경부(14)가 대물 렌즈(13)에 대해 개구관(12) 측에 제공된다는 점에서 제1 실시예로 도시된 입체 형상 계측 장치(10)와 다르다. 입체 형상 계측 장치(10A)의 다른 구성 및 작용은 도 1에 도시된 입체 형상 계측 장치(10)의 구성 및 작용과 실질적으로 다르지 않으므로, 동일한 구성 요소 및 구성은 동일한 참조 번호 및 문자로 나타내며, 그 설명은 생략된다.

[0095] 대물 렌즈를 교체하여 배율(magnification)을 크게 함으로써 (관찰) 정확도를 향상시키고, 반대로 (관찰) 정확도를 낮추어 넓은 시야에서 전체 물체를 관찰하는 방식으로 현미경이 사용된다. 이러한 방식으로, 현미경은 관찰 목적에 따라 최적의 확대 배율이 선택되도록 하며, 따라서 범용성이 높다.

[0096] 입체 형상 계측 장치(10)는 그러한 범용성을 갖는 것이 바람직하다. 그러나, 제1 실시예에 따른 입체 형상 계측 장치(10)의 경우에서처럼, 회전체(32)를 포함하는 초점 위치 변경부(14)가 (피 계측체(15) 및 대물 렌즈(13) 사이의) 피 계측체(15) 측에 삽입되는 경우, 그러한 범용성이 얻어질 수 없다. 이는 회전체(32) 상의 투명 부재(31)의 두께 피치는 공초점 축상 응답 곡선(물체 측 집광점이 Z 방향으로 이동되는 경우에 검출기의 출력 변화를 나타내는 곡선)의 중앙 산형 부분에서 세 개 이상 점들의 값이 샘플링될 수 있도록 결정되지만, 대물 렌즈(13)의 교체시 피 계측체(15) 측의 대물 렌즈(13)의 NA(개구수)가 변경되기 때문이다.

[0097] 중앙 산형 부분의 폭은 피 계측체(15) 측의 NA에 의해 결정된다. 이러한 이유로, 대물 렌즈(13)가 교체되면, 회전체(32) 상에 제공된 투명 부재(31)의 피치를 변경하는 것도 또한 필요하다. 즉, 대물 렌즈(13)뿐만 아니라 회전체(32) 자체도 교체하는 것이 필요하다.

[0098] 도 10은 제2 실시예에 따른 피 계측체의 Z축 좌표를 계산하기 위한 방법을 설명하는 도면이다.

[0099] 피 계측체(15) 측의 대물 렌즈(13)의 NA는, 화상 측(대물 렌즈(13)에 대하여 개구관(12) 측)의 NA가 변경되지 않은 경우, 즉, 화상 측의 촬상 렌즈가 교체되지 않은 상태(그리고 이 상태에서 일반적인 현미경에서는 대물 렌즈(13)가 교체됨)에서는 화상 측 NA와 배율을 곱한 것에 의해 결정된다. 또한, 중앙 산형 부분의 폭은 피 계측체(15) 측의 NA의 제공에 반비례한다. 즉, 중앙 산형 부분의 폭은 배율의 제공에 반비례한다.

[0100] 따라서, 도 9에 도시된 바와 같이, 회전체(32)가 화상 측(개구관(12) 측) 공간에 배치되는 경우, 투명 부재(31)의 두께 피치에 의해 결정되는 화상 측 공간에서의 샘플링 피치는 피 계측체(15) 측 공간에서는 렌즈의 종방향 배율(횡방향 배율의 제공)에 반비례한다. 이러한 이유로, 도 5b와 도 10 간의 비교로부터 알 수 있는 바와 같이, 배율 변경을 위해 대물 렌즈(13)가 교체되는 경우에도, 중앙 산형 부분의 폭뿐만 아니라 피 계측체(15) 측의 샘플링 피치도 횡방향 배율의 제공에 반비례하도록 유사하게 자동적으로 변경된다. 따라서, 도 9에 도시된 바와 같이, 회전체(32)가 화상 측 공간(개구관(12) 측)에 배치되는 경우, 대물 렌즈(13)가 교체되는 때에도, 회전체(32)를 교체하는 것이 필요하지 않다. 물론, 실제로 계측이 수행될 수 있는, 광축 방향의 물체 측 공간(Z축 방향의 계측 범위)도 횡방향 배율의 제공에 반비례하여 변경된다. 그러나, 통상 더 높은 배율에서 더 작은 물체가 관찰되므로, 그러한 변경은 합리적이다.

[0101] 따라서, 제2 실시예에 따른 입체 형상 계측 장치(10A)를 이용하면, 대물 렌즈(13)의 배율이 용이하게 변경될 수 있다. 또한, 초점 위치 변경부(14)가 피 계측체(15) 측에 제공되는 경우에 비해, 피 계측체(15) 측 공간의 작업 거리가 충분히 확보될 수 있으므로, 작업성이 향상될 수 있으며, 또한 경사 입사 조명(oblique incident illumination)과 같은 보조 조명도 용이하게 제공될 수 있다.

[0102] 특정한 실시예들이 설명되었지만, 이러한 실시예들은 단지 예로서 제시되었으며, 본 발명의 범주를 제한하고자 하는 것은 아니다. 실제로, 본 명세서에 기술된 신규한 실시예들은 여러 다른 형태로 구체화될 수 있으며, 더욱이 본 발명의 정신으로부터 벗어남이 없이 본 명세서에 설명된 실시예들의 형태의 여러 생략, 대체 및 변경이 이루어질 수 있다. 첨부된 특허청구범위 및 그 등가물들은 본 발명의 범주 및 정신에 속하는 것으로서 그러한 형태 또는 변형을 망라하는 것으로 의도된다.

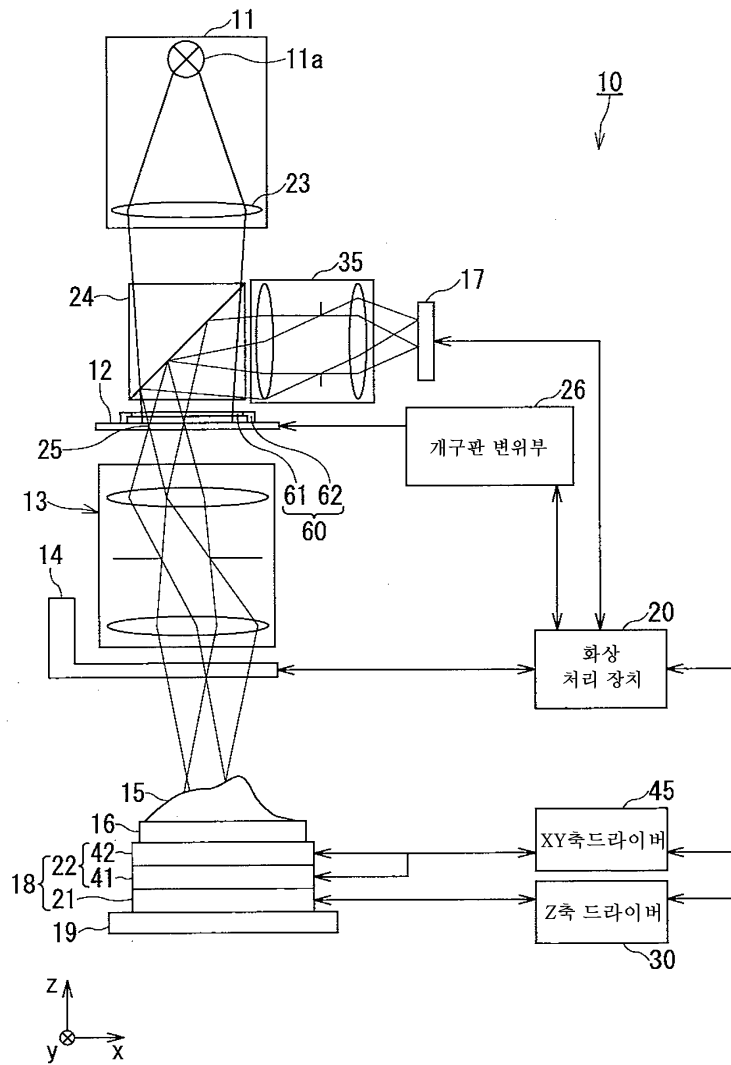
[0103] 예를 들어, 초점 위치 변경부(14)는 대물 렌즈(13)의 물체 측 집광점의 위치를 Z 방향으로 이동시킬 수 있는 한도 3에 도시된 구성으로 제한되지 않는다. 예를 들어, 초점 위치 변경부(14)는 기설정 굴절률 및 광축 방향으로 가변적인 두께를 갖는 투명체로 형성되는 광로 길이 조절 부재, 및 광축 방향으로 투명체의 두께를 변경하는 조절 부재 구동부로도 또한 구성될 수 있다. 이 경우, 초점 위치 변경부(14)는 광로 길이 조절 부재를 통과하는 광빔의 광로 길이가 광 축과 교차하는 투명체의 광축 방향 두께를 변경함으로써 변경되는 방식으로 광축 방향으로 물체 측 집광점의 위치를 변경할 수 있다. 광로 길이 조절 부재는, 예를 들어, 서로 평행하게 배열된 두 개의 평행한 평면 유리판으로 구성될 수 있다. 이 경우, 조절 부재 구동부는 액체의 양을 변경하여 광로 길이를 변경할 수 있다.

부호의 설명

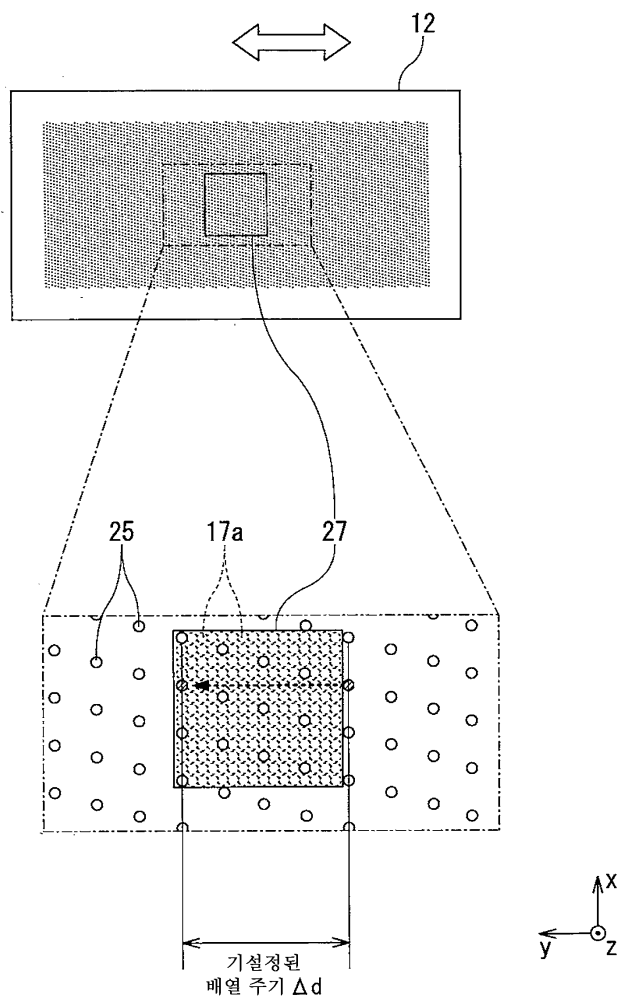
[0104] 20: 화상 처리 장치
26: 개구관 변위부
30: Z축 드라이버
45: XY축 드라이버

도면

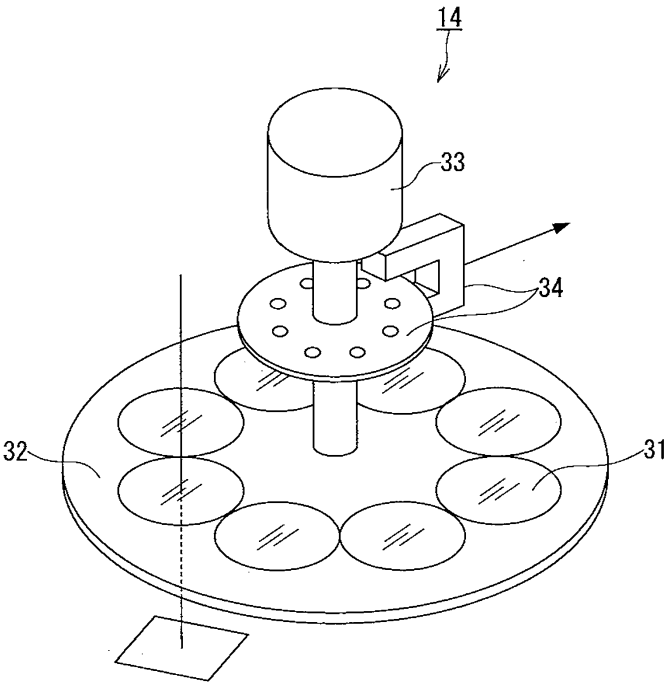
도면1



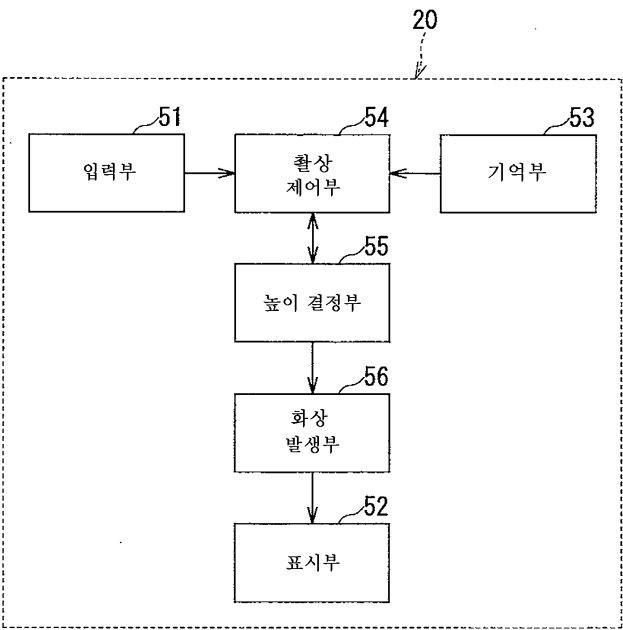
도면2



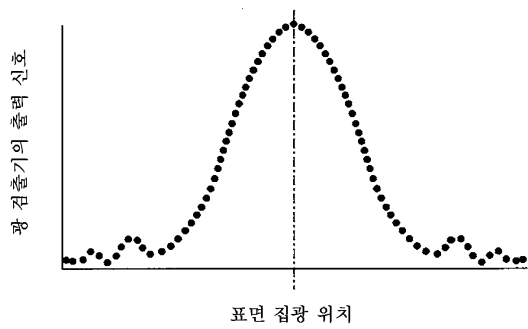
도면3



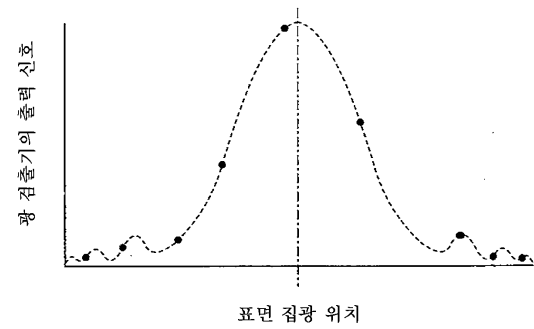
도면4



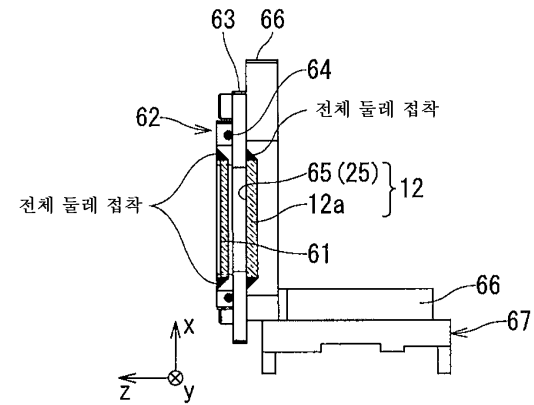
도면5a



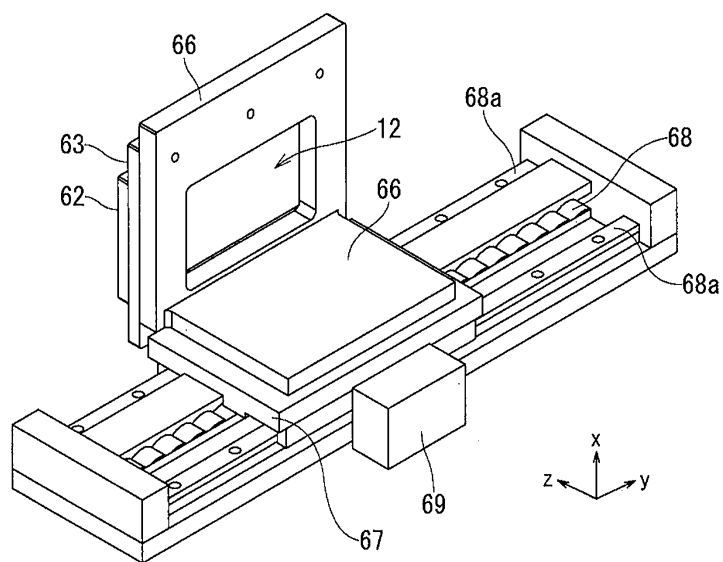
도면5b



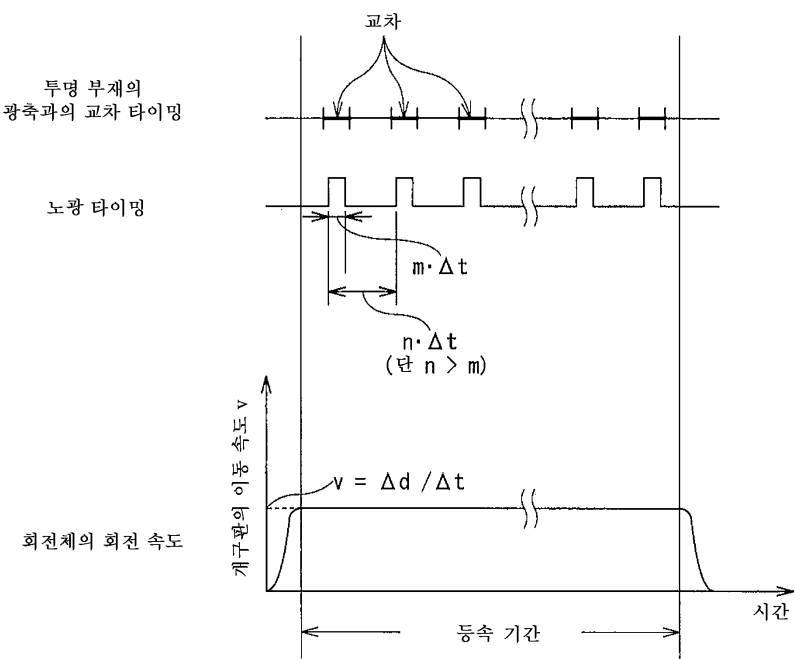
도면6a



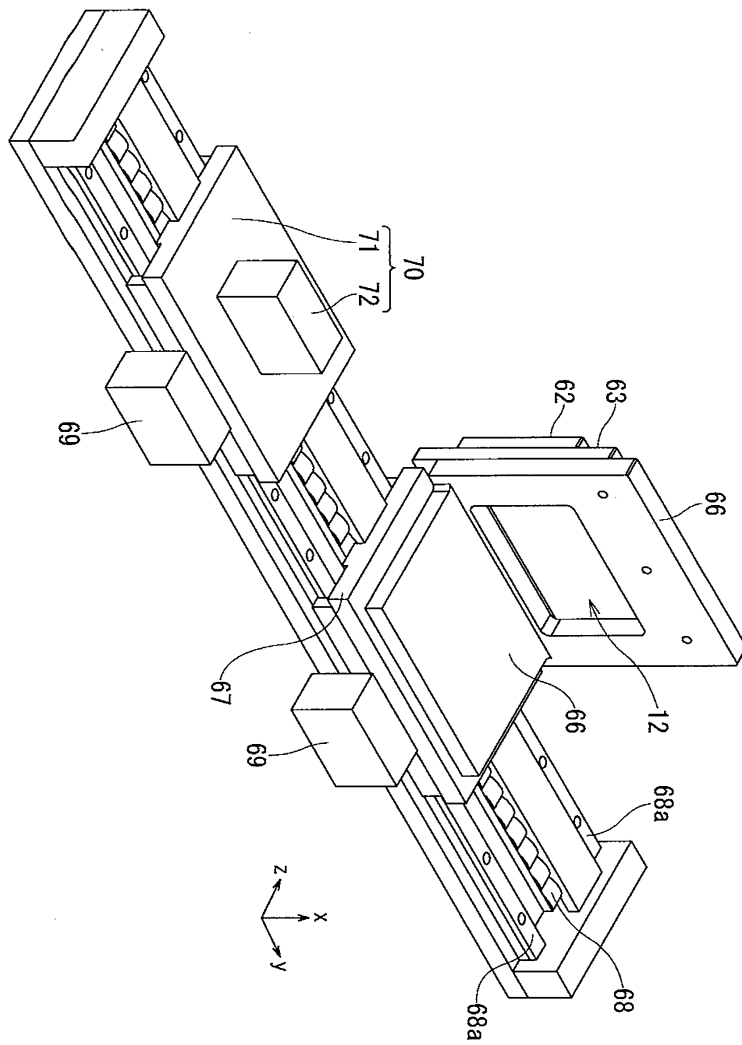
도면6b



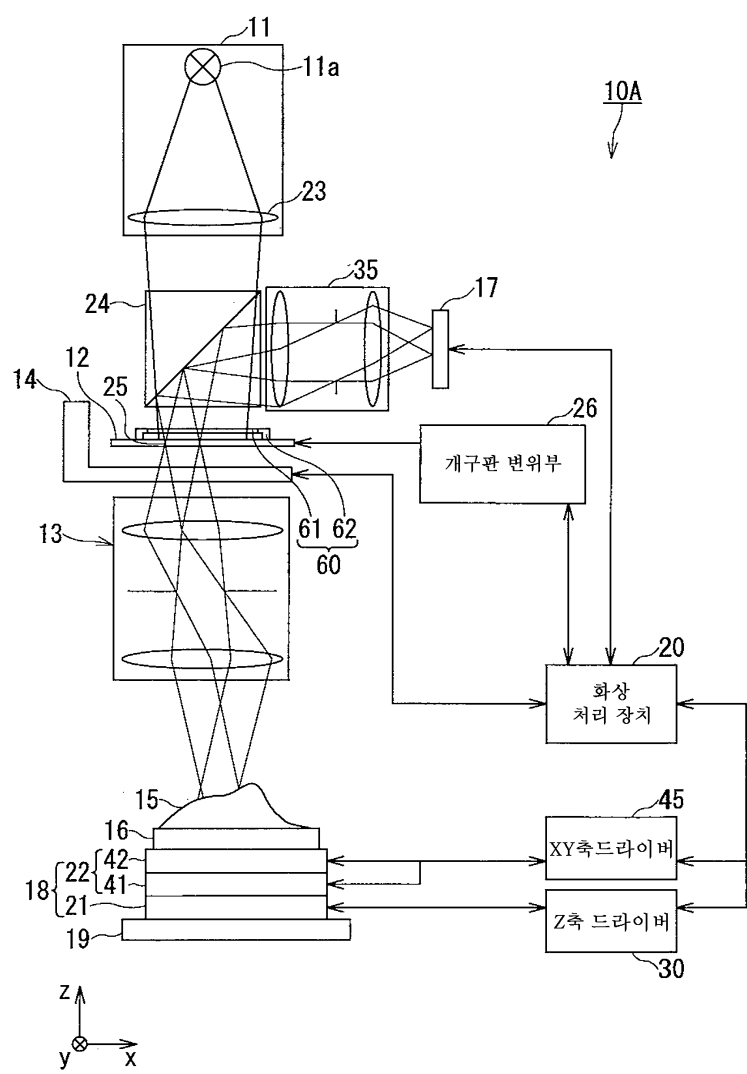
도면7



도면8



도면9



도면10

