



**(19) 대한민국특허청(KR)**  
**(12) 등록특허공보(B1)**

(45) 공고일자 2013년02월15일  
 (11) 등록번호 10-1233941  
 (24) 등록일자 2013년02월08일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
**G01B 11/24** (2006.01) **G01B 9/02** (2006.01)  
 (21) 출원번호 10-2010-7020251  
 (22) 출원일자(국제) 2010년03월09일  
 심사청구일자 2010년09월10일  
 (85) 번역문제출일자 2010년09월10일  
 (65) 공개번호 10-2010-0124757  
 (43) 공개일자 2010년11월29일  
 (86) 국제출원번호 PCT/JP2010/001643  
 (87) 국제공개번호 WO 2010/106758  
 국제공개일자 2010년09월23일  
 (30) 우선권주장  
 JP-P-2009-067183 2009년03월19일 일본(JP)  
 (56) 선행기술조사문헌  
 JP06341809 A\*  
 JP09287931 A\*  
 \*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자  
**파나소닉 주식회사**  
 일본 오오사카후 가도마시 오오아자 가도마 1006 반치  
 (72) 발명자  
**하마노 세이지**  
 일본 오오사카후 가도마시 오오아자 가도마 1006 반치, 파나소닉 주식회사 내  
**오오타 사다후미**  
 일본 오오사카후 가도마시 오오아자 가도마 1006 반치, 파나소닉 주식회사 내  
 (뒷면에 계속)  
 (74) 대리인  
**서장찬, 최재철**

전체 청구항 수 : 총 4 항

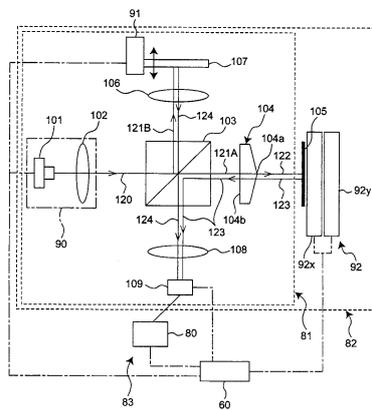
심사관 : 정성용

**(54) 발명의 명칭** **형상 측정 장치 및 방법**

**(57) 요약**

광원(90)으로부터 출사한 광을 평행광으로 하고, 그 평행광을 2개로 분기시키고, 분기된 광의 1개를 원추 렌즈(104)에 의해 거리에 걸쳐서 광축 위의 에너지 밀도가 극대가 되는 광(빔)으로 바꾸어 피측정물(105)의 표면에 조사하고, 분기된 광의 다른 1개는 참조 미러(107)에 조사하고, 피측정물의 표면에 조사한 광(빔)의 후방 산란광과, 참조 미러로부터의 반사광의 간섭광을 검출함으로써 피측정물의 형상을 측정한다.

**대표도** - 도1



(72) 발명자

**스가타 후미오**

일본국 에히메켄 도온시 미나미가타 2131번지 1,  
파나소닉 시코쿠 일렉트로닉스 주식회사 내

**기쿠치 요시히로**

일본국 에히메켄 도온시 미나미가타 2131번지 1,  
파나소닉 시코쿠 일렉트로닉스 주식회사 내

---

**특허청구의 범위**

**청구항 1**

평행광을 출사하는 광원과,

상기 광원으로부터 출사한 평행광을 2개의 광으로 분기하는 빔 스플리터와,

상기 빔 스플리터에서 분기된 상기 2개의 광 중의 1개의 광이 투과하고, 이 투과하는 광을, 하기의 수식을 만족하는 거리  $\rho$ 에 걸쳐서 광축 위의 에너지 밀도가 극대가 되는 광으로 바꾸어, 피측정물의 표면에 조사하는 것과 더불어, 상기 피측정물의 상기 표면으로부터의 반사광 또는 후방 산란광이 투과하는 원추 렌즈와,

상기 빔 스플리터에서 분기된 상기 2개의 광 중의 다른 쪽의 광을 반사하는 참조 미러와,

상기 피측정물의 상기 표면에 조사하고 또한 상기 원추 렌즈를 투과한 상기 반사광 또는 후방 산란광과, 상기 참조 미러로부터의 반사광과의 간섭광을 검출하는 검출기와,

상기 검출기로 검출된 상기 간섭광을 바탕으로 상기 피측정물의 상기 표면의 형상을 측정하는 형상 측정부를 포함하고

상기 빔 스플리터와 상기 원추 렌즈 사이에 배치되고, 차폐부와 상기 차폐부의 외주에 배치된 도넛 형상의 투과부를 갖추는 셔터를 복수 개 더 포함하고,

상기 복수 개의 셔터의 상기 차폐부는 상기 원추 렌즈의 정상부에 대응하는 영역을 차폐하고,

상기 복수 개의 셔터의 상기 투과부의 각각의 위치는 서로 다른 위치에 배치되고,

상기 형상 측정부는 상기 복수 개의 셔터를 선택적으로 사용해서, 복수의 상기 피측정물의 표면 각각에 대해 상기 원추 렌즈로부터의 상기 광을 선택적으로 조사해서 상기 형상 측정을 실행하는 측정부인

형상 측정 장치.

$$\rho < D / \{2 \tan(\beta / 2)\}$$

다만,  $\beta / 2 = \sin^{-1} \{n \sin(\pi / 2 - \alpha / 2)\} - \pi / 2 + \alpha / 2$

D: 상기 원추 렌즈의 유효 지름

$\alpha$ : 상기 원추 렌즈의 원추 형상의 정각(頂角)

$\rho$ : 상기 원추 렌즈의 정점(頂點)으로부터 상기 피측정물까지의 상기 광축을 따른 거리

n: 상기 원추 렌즈의 굴절률

**청구항 2**

삭제

**청구항 3**

삭제

**청구항 4**

청구항 1에 있어서,

상기 원추 렌즈로부터 상기 피측정물에 입사하는 상기 광의 광축 방향과 직교하는 방향으로 상기 피측정물을 이동시켜서, 상기 피측정물의 상기 표면의 형상을 측정하는 피측정물 이동 장치를 더 포함하는 형상 측정 장치.

**청구항 5**

광원으로부터 출사된 평행광을 2개의 광으로 분기시키고,

분기된 상기 2개의 광 중 1개의 광을, 원추 렌즈에 의해 하기의 수직을 만족하는 거리  $\rho$ 에 걸쳐서 광축 위의 에너지 밀도가 극대가 되는 광으로 바꾸어, 피측정물의 표면에 조사시키고,

분기된 상기 2개의 광 중 다른 쪽의 광을 참조 미러로 반사시키고,

상기 피측정물의 상기 표면에서 반사하고 또한 상기 원추 렌즈를 투과한 반사광 또는 후방 산란광과, 상기 참조 미러로부터의 반사광과의 간섭광을 검출하고,

검출된 상기 간섭광을 바탕으로 상기 피측정물의 상기 표면의 형상을 측정하는 경우에,

빔 스플리터에서 분기된 상기 2개의 광 중 상기 1개의 광이 상기 원추 렌즈를 투과할 때, 상기 빔 스플리터와 상기 원추 렌즈 사이에 배치된 셔터의 상기 원추 렌즈의 정상부에 대응하는 영역의 외주에 배치된 도넛 형상의 투과부를 투과한 상기 1개의 광이 상기 피측정물의 제1표면에서 반사한 제1반사광에 기초하여, 상기 피측정물의 제1표면의 형상 측정을 실행한 후,

상기 빔 스플리터에서 분기된 상기 2개의 광 중 상기 1개의 광이 상기 원추 렌즈를 투과할 때, 상기 셔터와는 다른 위치에 투과부를 갖는 다른 셔터를 상기 빔 스플리터와 상기 원추 렌즈 사이에 배치하고, 상기 다른 셔터의 상기 원추 렌즈의 정상부에 대응하는 영역의 외주에 배치된 상기 다른 셔터의 도넛 형상의 투과부를 투과한 상기 1개의 광이 상기 피측정물의 제2표면에서 반사한 제2반사광에 기초하여, 상기 피측정물의 상기 제1표면과는 다른 상기 제2표면의 형상 측정을 실행하는

형상 측정 방법.

$$\rho < D / \{2 \tan(\beta / 2)\}$$

다만,  $\beta / 2 = \sin^{-1} \{n \sin(\pi / 2 - \alpha / 2)\} - \pi / 2 + \alpha / 2$

D: 상기 원추 렌즈의 유효 지름

$\alpha$ : 상기 원추 렌즈의 원추 형상의 정각

$\rho$ : 상기 원추 렌즈의 정점으로부터 상기 피측정물까지의 상기 광축을 따른 거리

n: 상기 원추 렌즈의 굴절률

### 청구항 6

삭제

### 청구항 7

청구항 5에 있어서,

상기 원추 렌즈로부터 상기 피측정물에 입사하는 상기 광의 광축 방향과 직교하는 방향으로 상기 피측정물을 피측정물 이동 장치로 이동시켜서, 상기 피측정물의 상기 표면의 형상을 측정하는 형상 측정 방법.

## 명세서

### 기술분야

[0001] 본 발명은 공업 제품 등의 측정 대상물에 대하여, 종래보다도 초점 심도가 예를 들면, 1 자릿수 또는 2 자릿수 큰 대심도 측정 및 서브미크론 이하의 고분해능 측정이 가능한 형상 측정 장치 및 방법에 관한 것이다.

### 배경기술

[0002] 종래, 간섭광을 검출해서 형상을 측정하는 방법으로서 마이켈슨 간섭(Michelson interference)에 의한 장치가 있다. 이것은 광원으로부터의 광을 평행광으로 하여, 빔 스플리터(beam splitter)로 이 평행광을 2개로 분기하고, 분기된 한쪽 광을 대물 렌즈를 통해 피측정물에 조사하고, 분기된 또 다른 쪽의 광을 이동 기구를 구비한 참조 미러에 조사하여, 피측정물로부터의 후방 산란광과, 참조 미러로부터의 반사광을, 결상 렌즈를 통해 초점면에 위치한 광의 검출기에 결상시키는 장치이다. 피측정물로부터의 후방 산란광과 참조 미러로부터의 반사광은, 동일 광원으로부터 온 것으로서 가간섭(可干涉)이기 때문에, 이동 기구를 구비한 참조 미러를 이동시

켜 광로차(光路差)를 상대 변화시키면, 광의 검출기로부터는 간섭 신호가 얻어지고, 그 간섭 신호로부터 피측정물의 형상 측정을 할 수 있다(예를 들면, 특허문헌 1 참조).

[0003] 종래의 구성을 도 6에 나타낸다.

[0004] 도 6에 있어서, 201은 광을 출사하는 발광 소자, 202는 발광 소자(201)로부터 출사된 광을 평행광으로 하는 콜리메이터 렌즈(collimator lens)이다. 또한, 203은 콜리메이터 렌즈(202)로부터의 평행광을 피측정물 측과 참조 미러 측으로 분기하기 위한 빔 스플리터이다. 304는 빔 스플리터(203)에서 분기된 평행광 중 하나를 205의 피측정물에 조사하기 위한 대물 렌즈이다. 206, 207은 빔 스플리터(203)에서 분기된 평행광의 또 다른 하나를 집광하는 렌즈와, 참조용의 반사 미러이다. 208, 209는 피측정물(205)로부터의 반사광, 또는 산란광, 참조용의 반사 미러(207)로부터의 2개의 광의 간섭광을 집광하는 렌즈와, 검출하는 소자인 검출기이다.

[0005] 종래에는 마이켈슨 간섭에서, 대물 렌즈(304)에 구면(球面) 또는 피구면의 1개 또는 복수 개의 렌즈를 사용하고 있었다. 대물 렌즈(304)의 광은 도 7에 나타낸 바와 같이, 광학적으로 대물 렌즈(304)의 개구수(NA)와 발광 소자로부터 출사되는 광의 파장( $\lambda$ )에 의해 정해지는 초점 심도( $\lambda / NA^2$ ) 및 광의 지름  $1.22 \times \lambda / NA$ 를 가진다. 따라서, 대물 렌즈(304)의 초점 위치로부터 멀어짐에 따라 광의 지름은 커지고, 측정 장치의 분해능이 저하되었다. 예를 들면, 광원에 광(빔) 파장( $\lambda$ )=633nm의 HeNe 레이저, 대물 렌즈(304)에 개구수(NA)=0.1을 사용한 경우, 초점 심도는 63  $\mu$ m, 광(빔) 지름은 7.7  $\mu$ m가 된다.

## 선행기술문헌

### 특허문헌

[0006] (특허문헌 0001) 일본국 특개평 6-341809호 공보

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

[0007] 그러나, 종래의 마이켈슨 간섭에 의한 장치에서는 대물 렌즈(304)에 구면 또는 비구면의 1개 또는 복수 개의 렌즈를 사용하고 있으며, 대물 렌즈(304)의 개구수(NA)에 의해, 측정의 심도와 측정의 분해능이 결정되어 있다. 구체적으로는 측정의 심도를 크게 하기 위해서는 대물 렌즈(304)의 개구수(NA)를 작게 할 필요가 있지만, 개구수(NA)가 작아지면 측정의 분해능이 나빠진다. 반대로, 측정의 분해능을 높이기 위해서는 대물 렌즈(304)의 개구수(NA)를 크게 할 필요가 있지만, 개구수(NA)를 크게 하면 측정의 심도가 낮아진다. 이와 같이, 대물 렌즈(304)에 구면 또는 비구면의 1개 또는 복수 개의 렌즈를 사용할 경우, 마이켈슨 간섭에 의한 장치에서는 측정의 대심도(大深度)와 측정의 고분해능(高分解能)이 상반(相反)하는 관계가 되고, 양쪽이 양립할 수 없다.

[0008] 따라서, 본 발명의 목적은 상기 문제를 해결하는 데에 있고, 측정의 대심도와 측정의 고분해능의 양쪽을 양립할 수 있는 형상 측정 장치 및 방법을 제공하는 데에 있다.

### 과제의 해결 수단

[0009] 상기 목적을 달성하기 위해, 본 발명은 이하와 같이 구성한다.

[0010] 본 발명의 제1양태에 의하면, 평행광을 출사하는 광원과, 상기 광원으로부터 출사한 평행광을 2개의 광으로 분기하는 빔 스플리터와, 상기 빔 스플리터에서 분기된 상기 2개의 광 중 1개의 광이 투과되고, 이 투과되는 광을 하기의 수식을 만족하는 거리  $\rho$ 에 걸쳐서 광축 위의 에너지 밀도가 극대가 되는 광으로 바꾸고, 피측정물의 표면에 조사하는 것과 더불어, 상기 측정물의 상기 표면으로부터의 반사광 또는 후방 산란광이 투과하는 원추 렌즈와, 상기 빔 스플리터에서 분기된 상기 2개의 광 중 다른 쪽의 광을 반사하는 참조 미러와, 상기 피측정물의 상기 표면에 조사하고 또한 상기 원추 렌즈를 투과한 상기 반사광 또는 후방 산란광과, 상기 참조 미러로부터의 반사광과의 간섭광을 검출하는 검출기와, 상기 검출기로 검출된 상기 간섭광을 바탕으로 상기 피측정물의 상기 표면의 형상을 측정하는 형상 측정부를 포함하고 있는 것을 특징으로 하는 형상 측정 장치.

[0011]  $\rho < D / \{2 \tan(\beta / 2)\}$

- [0012] 다만,  $\beta/2 = \sin^{-1}\{\text{nsin}(\pi/2 - \alpha/2)\} - \pi/2 + \alpha/2$
- [0013] D: 상기 원추 렌즈의 유효 지름
- [0014]  $\alpha$ : 상기 원추 렌즈의 원추 형상의 정각(頂角)
- [0015]  $\rho$ : 상기 원추 렌즈의 정점(頂點)으로부터 상기 피측정물까지의 상기 광축을 따른 거리
- [0016] n: 상기 원추 렌즈의 굴절률
- [0017] 본 발명의 제2양태에 의하면, 상기 빔 스플리터와 상기 원추 렌즈 사이에 배치되어, 상기 원추 렌즈의 정상부에 대응하는 영역을 차폐하는 광학 필터를 더 포함하는 제1양태에 기재된 형상 측정 장치를 제공한다.
- [0018] 본 발명의 제3양태에 의하면, 상기 빔 스플리터와 상기 원추 렌즈 사이에 배치되어, 차폐부와 상기 차폐부의 외주(外周)에 배치된 도넛 형상의 투과부를 갖추는 셔터를 복수 개 더 포함하고, 상기 복수 개의 셔터의 상기 차폐부는 상기 원추 렌즈의 정상부에 대응하는 영역을 차폐하고, 상기 복수 개의 셔터의 상기 투과부의 각각 위치는 서로 다른 위치에 배치되고, 상기 형상 측정부는 상기 복수 개의 셔터를 선택적으로 사용하여, 복수의 상기 피측정물의 표면 각각에 대해 상기 원추 렌즈로부터의 상기 광을 선택적으로 조사하여 상기 형상 측정을 실행하는 측정부인 제1양태에 기재된 형상 측정 장치를 제공한다.
- [0019] 본 발명의 제4양태에 의하면, 상기 원추 렌즈로부터 상기 피측정물에 입사하는 상기 광의 광축 방향과 직교하는 방향으로 상기 피측정물을 이동시켜서, 상기 피측정물의 상기 표면의 형상을 측정하는 피측정물 이동 장치를 더 포함하는, 제1~3 중 어느 하나의 양태에 기재된 형상 측정 장치를 제공한다.
- [0020] 본 발명의 제5양태에 의하면, 광원으로부터 출사된 평행광을 2개의 광으로 분기시키고, 분기된 상기 2개의 광 중 1개의 광을, 원추 렌즈에 의해 하기의 수식을 만족하는 거리  $\rho$ 에 걸쳐서 광축 위의 에너지 밀도가 극대가 되는 광으로 바꾸어, 피측정물 표면에 조사시키고, 분기된 상기 2개의 광 중 다른 쪽의 광을 참조 미러로 반사시키고, 상기 피측정물의 상기 표면에서 반사하고 또한 상기 원추 렌즈를 투과한 반사광 또는 후방 산란광과, 상기 참조 미러로부터의 반사광과의 간섭광을 검출하고, 검출된 상기 간섭광을 바탕으로 상기 피측정물의 상기 표면 형상을 측정하는 것을 특징으로 하는 형상 측정 방법.
- [0021]  $\rho < D / \{2 \tan(\beta/2)\}$
- [0022] 다만,  $\beta/2 = \sin^{-1}\{\text{nsin}(\pi/2 - \alpha/2)\} - \pi/2 + \alpha/2$
- [0023] D: 상기 원추 렌즈의 유효 지름
- [0024]  $\alpha$ : 상기 원추 렌즈의 원추 형상의 정각
- [0025]  $\rho$ : 상기 원추 렌즈의 정점으로부터 상기 피측정물까지의 상기 광축을 따른 거리
- [0026] n: 상기 원추 렌즈의 굴절률
- [0027] 본 발명의 제6양태에 의하면, 빔 스플리터에서 분기된 상기 2개의 광 중 상기 1개의 광이 상기 원추 렌즈를 투과할 때, 상기 빔 스플리터와 상기 원추 렌즈 사이에 배치된 셔터의 상기 원추 렌즈의 정상부에 대응하는 영역의 외주에 배치된 도넛 형상의 투과부를 투과한 상기 1개의 광이 상기 피측정물의 제1표면에서 반사한 제1반사광에 의거하여, 상기 피측정물의 제1표면의 형상 측정을 실행한 후, 상기 빔 스플리터에서 분기된 상기 2개의 광 중 상기 1개의 광이 상기 원추 렌즈를 투과할 때, 상기 셔터와는 다른 위치에 투과부를 갖추는 다른 셔터를 상기 빔 스플리터와 상기 원추 렌즈 사이에 배치하고, 상기 다른 셔터의 상기 원추 렌즈 정상부에 대응하는 영역의 외주에 배치된 상기 다른 셔터의 도넛 형상의 투과부를 투과한 상기 1개의 광이 상기 피측정물의 제2표면에서 반사한 제2반사광에 의거하여, 상기 측정물의 상기 제1표면과는 다른 상기 제2표면의 형상 측정을 실행하는, 제5양태에 기재된 형상 측정 방법을 제공한다.
- [0028] 본 발명의 제7양태에 의하면, 상기 원추 렌즈로부터 상기 피측정물에 입사하는 상기 광의 광축 방향과 직교하는 방향으로 상기 피측정물을 피측정물 이동 장치로 이동시켜서, 상기 피측정물의 상기 표면의 형상을 측정하는, 제5 또는 6의 양태에 기재된 형상 측정 방법을 제공한다.

**발명의 효과**

- [0029] 본 발명에 의하면, 종래보다도 대심도(예를 들면, 종래보다도 1 자릿수 또는 2 자릿수 큰 초점 심도를 갖추고)

및 고분해능(예를 들면, 서브미크론 이하의 분해능을 갖추는) 측정이 가능한 형상 측정을 할 수 있다.

**도면의 간단한 설명**

- [0030] 본 발명의 이들과 다른 목적과 특징은 첨부된 도면에 대한 바람직한 실시형태에 관련된 다음의 기술에서 밝혀진다. 이 도면에 있어서는,
  - 도 1은 본 발명의 제1실시형태에서의 형상 측정 장치의 기본 구성의 도면이고,
  - 도 2는 상기 제1실시형태에서의 상기 형상 측정 장치의 원추 렌즈의 동작을 설명하는 도면이고,
  - 도 3은 거리  $\rho$ 와 광 에너지 밀도  $I$ 를, 본 발명의 제1실시형태의 원추 렌즈의 경우와 종래의 대물 렌즈의 경우에서 비교하는 그래프이고,
  - 도 4A는 본 발명의 제2실시형태에서의 형상 측정 장치의 광학 필터의 동작을 설명하는 단면도이고,
  - 도 4B는 본 발명의 제2실시형태에서의 형상 측정 장치의 광학 필터의 평면도이고,
  - 도 5A는 상기 제1실시형태에 관한 형상 측정 장치의 하나의 구체적인 구성예를 나타내는 도면이고,
  - 도 5B는 상기 제1실시형태에 관한 형상 측정 장치를 사용해서, 복수의 렌즈의 표리면(表裏面)의 형상을 검사할 경우의 설명도이고,
  - 도 5C는 본 발명의 제3실시형태에 관한 형상 측정 장치의 일부 구성을 나타내는 설명도이고,
  - 도 5D는 상기 제3실시형태에 관한 형상 측정 장치의 일부 구성을 나타내는 설명도이고,
  - 도 5E는 상기 제3실시형태에 관한 형상 측정 장치의 일부 구성을 나타내는 설명도이고,
  - 도 5F는 상기 제3실시형태에 관한 형상 측정 장치의 일부 구성을 나타내는 설명도이고,
  - 도 5G는 상기 제3실시형태에 관한 형상 측정 장치의 일부 구성을 나타내는 설명도이고,
  - 도 5H는 상기 제3실시형태에 관한 형상 측정 장치를 사용해서 형상 측정 동작을 실행할 때의 순서를 나타내는 흐름도이고,
  - 도 5I는 상기 제3실시형태에 관한 형상 측정 장치를 사용해서 형상 측정 동작을 실행할 때의 피검 렌즈의 설명도이고,
- 도 6은 종래의 형상 측정 장치의 구성도이고,
- 도 7은 종래의 형상 측정 장치의 문제점을 설명하는 도면이다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

- [0031] 이하, 본 발명의 실시형태에 대하여, 도면을 참조하면서 설명한다.
- [0032] (제1실시형태)
- [0033] 도 1은 본 발명의 제1실시형태에 관한 형상 측정 장치(83)의 기본 구성을 나타내고 있다.
- [0034] 도 1에 있어서, 101은 광을 출사하는 발광 소자, 102는 발광 소자(101)로부터 출사된 광을 평행광(120)으로 하는 콜리메이터 렌즈이며, 발광 소자(101)와 콜리메이터 렌즈(102)로 평행광 광원(90)을 구성하고 있다. 또한, 103은 콜리메이터 렌즈(102)로부터의 평행광(120)을 피측정물 측과 참조 미러 측의 2개로 분기하기 위한 빔 스플리터이다. 104는 빔 스플리터(103)에서 피측정물 측으로 분기된 평행광의 하나인 제1평행광(121A)을 피측정물(105)에 조사하기 위한, 피측정물(105)과 대향하는 출사 측(피측정물(105) 측)이 원추 형상으로 된 원추 렌즈이다. 즉, 여기서 말하는 원추 렌즈(104)라는 것은 적어도 출사 측의 형상이 원추 형상으로 된 렌즈를 의미한다. 원추 렌즈(104)의 제1평행광(121A)에 대한 입사 측(빔 스플리터(103) 측)은 평면 또는 만곡면이어도 좋다.
- [0035] 106은 빔 스플리터(103)에서 분기된 또 하나의 평행광인 제2평행광(121B)을 집광하는 렌즈이고, 107은 이 제2평행광(121B)을 반사하는 참조용의 반사 미러이다. 참조용의 반사 미러(107)는 참조 평면 구동부의 일레로서의 반사 미러 이동 장치(91)에 의해 제2평행광(121B)의 광축 방향으로 진퇴 이동 가능하게 되어 있다. 수광부(受光部)(109)에서 수광되는 광의 간섭 상태를 조정하기 위하여, 이 반사 미러 이동 장치(91)에 의해, 참조 평면으로서 기능하는 참조용의 반사 미러(107)를 도 1의 상하 방향으로 구동시킬 수 있다. 108은 공업 제품

등의 피측정물(105)로부터의 반사광 또는 산란광(123)과, 참조용의 반사 미러(107)로부터의 반사광(124)과의 2개의 광(123, 124)의 간섭광을 집광하는 렌즈이다. 109는 집광된 간섭광을 검출하는 소자인 검출기(예를 들면, 포토 디텍터: photo detector)이다.

[0036] 피측정물(105)을 제외한 앞에서 설명한 구성 요소에 의해, 형상 검사 장치(82)를 구성하고 있다. 또한, 형상 검사 장치(82)로부터 가동 스테이지를 제외한 부분은 형상 검사부(81)이다. 이 형상 검사부(81)가 피측정물(105)에 대해 상대적으로 이동함으로써, 피측정물(105)의 측정해야 될 면을 검사할 수 있다.

[0037] 또한, 검출기(109)로 검출된 간섭광을 바탕으로 피측정물(105) 표면의 형상을 측정하는 형상 측정부(80)를 검출기(109)에 접속해서 배치하고, 전체로서 형상 측정 장치(83)를 구성하고 있다. 형상 측정부(80)는 검출기(109)에서 검출된 간섭광을 바탕으로, 피측정물(105) 표면의 형상을 측정할 수 있는, 공지된 소프트웨어 등으로 구성하면 좋다. 또한, 형상 측정부(80)의 일례로서는 도 5A에서도 나타내는 바와 같이, 분광기(80A)와, A/D 변환기(80B)와, 퍼스널 컴퓨터(80C)로 구성하고, 검출기(109)로 검출된 간섭광을 분광기(80A)로 분광해서 필요한 광만을 뽑아낸다. 분광기(80A)로 뽑아낸 광에 포함되는 아날로그 정보를 A/D 변환기(80B)로 디지털 정보로 변환시킨 후, 퍼스널 컴퓨터(80C)에 내장된 공지된 소프트웨어 등으로 형상 정보를 얻도록 하면 좋다.

[0038] 발광 소자(101)와, 콜리메이터 렌즈(102)와, 빔 스플리터(103)와, 원추 렌즈(104)와, 피측정물(105)은 동일한 광축 위에 배치되어 있다. 렌즈(106)와 참조용의 반사 미러(107)는 렌즈(108)와 검출기(109)에 대하여, 발광 소자(101)의 광축과는 직교하는 방향을 따라서 또한 빔 스플리터(103)를 사이에 두고 동일한 축 위에 배치되어 있다.

[0039] 발광 소자(101)의 예로서는 HeNe 레이저 또는 반도체 레이저 등이 있다. 피측정물(105)은 피측정물(105)이 유지되는 X축 스테이지(92x)와 Y축 스테이지(92y)를 이동 가능하게 지지하는 Y축 스테이지(92y)로 구성되는 피측정물 이동 장치의 일례로서는 가동 스테이지(92)에서, XY방향으로 각각 이동하도록 되어 있다. X축 스테이지(92x)는 X축 방향(도 1의 지면(紙面)을 관통하는 방향)으로 피측정물(105)을 구동시키는 기구이다. Y축 스테이지(92y)는 X축 방향과는 직교하는 Y축 방향(도 1의 상하 방향)으로 피측정물(105)을 구동시키는 기구이다. 이 제1 실시형태에 관한 형상 측정 장치(83)의 형상 검사 장치(82)에서는 X축 스테이지(92x)와 Y축 스테이지(92y)를 사용해서, X축 스테이지(92x) 위의 탑재부(도시하지 않음)에 탑재된 피측정물(105)을 형상 검사부(81)에 대해 상대적으로 이동시킴으로써, 피측정물(105)의 측정해야 될 면의 모든 면을 검사할 수 있도록 되어 있다.

[0040] 또한, 도 1A에서는 이해를 돕기 위해, 광축을 따라 전진하는 광의 가는 길과 오는 길의 위치를 서로 조금 옮겨서 표시하도록 되어 있다.

[0041] 이하, 앞에서 설명한 바와 같이 구성한 제1실시형태에 관한 형상 측정 장치의 동작을 원추 렌즈(104)의 구조와 함께, 더욱 상세하게 설명한다.

[0042] 발광 소자(101)로부터 출사한 광은 콜리메이터 렌즈(102)에 의해 평행광(120)이 된다.

[0043] 이 평행광(120)은 빔 스플리터(103)에 의해 2개의 평행광(121A, 121B)으로 분기된다. 빔 스플리터(103)로부터의 제1평행광(121A)은 도 2에 나타내는 바와 같이, 정각  $\alpha$  [°]의 원추 형상을 갖추는 굴절률 n의 원추 렌즈(104)의 평평한 저면(104b)에 입사한다.

[0044] 원추 렌즈(104)에 입사한 제1평행광(121A)은, 도 2에 나타내는 바와 같이, 이하의 식(2)로 나타낸 광축과의 이루는 각  $(\beta / 2)$  [°]으로 굴절한다.

**수학식 1**

[0045] 
$$\beta / 2 = \sin^{-1} \{ n \sin (\pi / 2 - \alpha / 2) \} - \pi / 2 + \alpha / 2$$

[0046] 
$$\dots (2)$$

[0047] 콜리메이터 렌즈(102)로부터 출사해서 빔 스플리터(103)를 통해 원추 렌즈(104)에 입사하는 제1평행광(121A)의 광 에너지 밀도를  $i$ 로 하고, 원추 렌즈(104)의 정점(104a)으로부터 임의의 점(예를 들면, 피측정물)(89)까지의 제1평행광(121A)의 광축을 따른 거리를  $\rho$  [mm](다만,  $0 < \rho$ ), 제1평행광(121A)의 광축과 원추 렌즈(104)의 광축과 거리를  $r$  [mm](다만,  $0 \leq r \leq (D / 2)$ )로 하면, 정점(104a)으로부터 임의의 점(예를 들면, 피측정물)(89)까지의

거리  $\rho$ , 제1평행광(121A)의 광축과 원추 렌즈(104)의 광축과의 거리  $r$ 의 점(89)에서의 광 에너지 밀도  $I(\rho, r)$ 는 이하의 식(3)과 같이 된다.

**수학식 2**

$$I(\rho, r) = 2i \times \frac{\tan^2(\alpha/2)\tan(\beta)}{\{\tan(\alpha/2) - \tan(\beta)\}^2} \times \frac{\rho}{r}$$

[0048]

.....(3)

[0049]

[0050] 식(3)과 같이, 빔 프로파일은  $1/r$ 의 곡선이 되고, 광 에너지 밀도  $I$ 는 광축 위에서 극대가 된다. 이러한 광 에너지 밀도  $I$ 가 높은 거리  $\rho$ 의 점(89)은 원추 렌즈(104)의 유효 지름을  $D[\text{mm}]$ 로 하면, 식(4)와 같이 표시할 수 있다.

**수학식 3**

$$\rho < D / \{ 2 \tan(\beta/2) \}$$

[0051]

.....(4)

[0052]

[0053] 또한, 광 에너지 밀도  $I$ 가 높은 거리  $\rho$ 의 점(89)에서의 광(빔) 스폿의 직경을  $\phi[\mu\text{m}]$ 로 하면, 식(5)와 같이 표시할 수 있다.  $\lambda[\text{nm}]$ 는 광원으로부터 출사되는 광(빔)의 파장이다.

**수학식 4**

$$\phi = (2 \times 2.4048 \lambda) / (2 \pi \sin \beta)$$

[0054]

.....(5)

[0055]

[0056] 원추 렌즈(104)는 앞에서 설명한 바와 같은 식이 성립하는 것과 같은 형상으로 구성한다.

[0057] 이러한 원추 렌즈(104)를 투과한 광(빔)(122)이 피측정물(105)의 표면에 조사된다. 광(빔)(122)이 피측정물(105) 표면에 조사된 후, 피측정물(105) 표면으로부터의 반사광 또는 피측정물(105) 표면의 후방 산란광(123)이 원추 렌즈(104)를 투과해서 빔 스플리터(103)에 들어간다. 한편, 콜리메이터(102)로부터 출사해서 빔 스플리터(103)를 통하여, 또한 집광 렌즈(106)를 통하여 참조용의 반사 미러(107)에 입사하는 제2평행광(121B)은 참조용의 반사 미러(107)에서 반사한다. 참조용의 반사 미러(107)에서 반사한 반사광(124)은 집광 렌즈(106)를 통해 빔 스플리터(103)에 들어간다. 피측정물(105) 표면의 반사광 또는 후방 산란광(123)과, 참조 미러(107)로부터의 반사광(124)은 다시 빔 스플리터(103)에서 결합되어 간섭광이 되고, 집광 렌즈(108)를 통해 간섭광이 검출기(109)에 입사되어, 검출기(109)에서 간섭광을 검출한다.

[0058] 일례로서, 원추 렌즈(104)에 재질 BK7(굴절률  $n=1.515$ )을 사용해서, 원추 렌즈(104)의 정각  $\alpha=120^\circ$ , 유효 지름  $D=10\text{mm}$ 로 하는 것과 더불어, 광원의 일례인 발광 소자(101)에  $\lambda=633\text{nm}$ 의 HeNe 레이저를 사용하는 경우를 이하에 설명한다.

[0059] 도 3에 원추 렌즈(104)에서의 거리  $\rho$ 와 광(빔)의 강도  $I$ 를 강도의 최댓값으로 정규화(正規化)한 그래프(화살표 I를 참조)를 나타낸다. 횡축은 거리  $\rho$ , 종축은 광(빔)의 강도  $I$ 이다. 이 그래프에 비교를 위해, 종래와 같이, 광원의 예인 발광 소자에  $\lambda=633\text{nm}$ 의 HeNe 레이저, 개구수  $\text{NA}=0.1$ 의 대물 렌즈를 원추 렌즈(104) 대신으로 사용한 경우의 거리  $\rho$ 와 광(빔)의 강도  $I$ 를 강도의 최댓값으로 정규화한 그래프(화살표 II를 참조)를 도 3 내에 병기한다.

- [0060] 도 3과 같이, 원추 렌즈(104)의 경우(화살표 I를 참조)의 광 에너지 밀도 I가 높은 거리  $\rho$ 의 점은 11.4mm에 걸쳐있다. 또한, 이 광 에너지 밀도 I의 높은 거리  $\rho$ 의 점에서의 광(빔) 스폿의 직경( $\phi$ )을 측정하면,  $1.5\mu\text{m}$ 가 된다. 이것에 대하여, 종래에서는, 앞에서 설명한 바와 같이, 대물 렌즈에 개구수  $NA=0.1$ 의 것을 사용한 경우(화살표 II를 참조), 그 초점 심도는  $63\mu\text{m}$ 에 지나지 않았다(도 3 참조). 또한, 광(빔) 지름도  $7.7\mu\text{m}$ 이라서 컸었다. 따라서, 원추 렌즈(104)를 사용함으로써, 종래의 구성에 비교해서,  $11.4/0.063 \approx$  약 180배나 깊은 초점 심도와,  $1.5/7.7 \approx$  약 1/5의 미세한 광(빔) 지름을 얻을 수 있다.
- [0061] 따라서, 이러한 깊은 초점 심도 내에 있어서, 더욱 미세한 수평 분해능으로, 피측정물(105)로부터의 반사광 또는 후방 산란광과 참조 미러(107)로부터의 반사광과의 간섭광의 강도를 검출기(109)로 검출하고, 형상 측정부(80)에서 형상을 측정할 수 있다. 따라서, 본 실시형태에 관한 형상 측정 장치(83)에서는, 초점 심도가 깊기 때문에, 피측정물(105)의 표면을 따라서 XY방향으로 이동하는 것만으로, 피측정물(105)의 두께 방향(XY방향과 직교하는 방향, 즉, 깊이 방향)에서의 형상 측정도 대부분 할 수 있고, 거의 움직이지 않고 형상 측정할 수 있다. 그로 인하여, 필요에 따라서 심도 방향으로 이동시킬 수 있을 정도로 좋다. 다시 말하면, 피측정물(105) 표면의 요철의 치수가 초점 심도 내에 있다면, 피측정물(105)의 두께 방향으로의 주사는 불필요하게 되고, 단순히, XY 방향으로의 이동(주사)만으로 형상 측정을 할 수 있으며, 측정 오차의 발생을 효과적으로 방지할 수 있다. 이것에 대하여, 종래의 구성에서는, 형상 측정의 초점 심도가 얇기 때문에, 피측정물의 표면을 따라서 XY방향으로 이동시키는 것만으로는 깊이 방향의 형상 측정을 모두 할 수 없고, 깊이 방향에도 짧은 간격으로 조금씩 이동시킬 필요가 있기 때문에, 번잡함과 동시에, 측정 오차가 발생하기 쉬웠다.
- [0062] 또한, 발광 소자(101)와, 가동 스테이지(92)와, 반사 미러 이동 장치(91)와, 검출기(109)와, 형상 측정부(80)는 각각 제어 장치(60)에 접속되고, 이들의 장치의 동작은 제어 장치(60)에 의해 각각 제어되어서, 형상 측정 동작을 실행하도록 되어 있다.
- [0063] 형상의 측정에 있어서는, 참조 미러(107)를 고정으로 하고, 피측정물(105)을 가동 스테이지(92)에서 X방향 또는 Y방향 또는 XY방향으로 이동하면서, 반사광 또는 산란광의 간섭광을 검출기(109)로 검출하여도 좋다. 반대로, 피측정물(105)을 고정으로 하고, 참조 미러(107)를 반사 미러 이동 장치(91)로 이동하면서, 반사광 또는 산란광의 간섭광을 검출기(109)로 검출하여도 좋다.
- [0064] 상기와 같은 광(조사 빔)을 사용해서, 피측정물(105)의 형상 측정을 실행함으로써, 대심도 및 고분해능의 측정이 가능한 형상 측정 장치(83)를 실현할 수 있다.
- [0065] (제2실시형태)
- [0066] 도 4A 및 도 4B는 본 발명의 제2실시형태에 관한 형상 측정 장치의 일부의 구성을 나타내고 있다.
- [0067] 제2실시형태에서는 제1실시형태에 더하여, 원추 렌즈(104)의 바로 앞(발광 소자(101) 측)에 광학 필터(601)를 배치하고 있다. 광학 필터(601)로서는 예를 들면, 동일 중심 동일 형상의 광의 투과부(601b)(도 4A 및 도 4B의 회색 남겨 둔 부분)와 투과부(601b) 이외의 영역에 배치되어 광이 차폐되는 마스크부(차폐부)(601a)(도 4A 및 도 4B의 흑색 부분)를 형성한 것을 사용할 수 있다. 이 마스크부(601a)에 의해, 원추 렌즈(104)의 정점(104a) 부근의 정상부에서의 원추 렌즈(104)의 가공 오차에 의해, 그 정상부 부근에서의 형상 정밀도가 충분하지 않기 때문에, 정상부 부근에서 흐트러진 광(빔)을 차폐해서 없앨 수 있다. 가공 오차를 제거하기 위한, 마스크부(601a)의 최저 범위로서는 직경  $1\mu\text{m}$ 의 범위이다. 외주의 마스크부(601c)는 임의이며, 없어도 좋다.
- [0068] 이러한 마스크부(601a)를 설치하는 구체적인 예로서는 유효 지름 D가 10mm의 원추 렌즈(104)에 있어서, 정상부 부근의 직경  $10\mu\text{m}$  정도의 범위 내는, 가공하는 데에 있어서 형상이 예각으로 되지 않고, 형상이 둔해질 수 있다. 이로 인하여, 정상부 주변에 직경 2mm 이상의 영역을 마스크해서 마스크부(601a)를 형성하고, 마스크부(601a)에 의해 차광함으로써, 가공 오차에 의해 흐트러진 광(빔)의 영역을 없앨 수 있다.
- [0069] 이 제2실시형태에서의 형상 측정의 순서는 앞에서 설명한 제1실시형태와 마찬가지로이다.
- [0070] 또한, 본 실시형태에 있어서는 피측정물(105)로부터의 반사광 또는 후방 산란광은 입사하였을 때와 동일한 축에서 역방향의 광로에서 광학 필터(601)를 통과하고, 검출기(109)로 검출된다.
- [0071] 또한, 피측정물(105)의 측정해야 될 면의 형상의 측정에 있어서는 참조 미러(107)를 고정으로 하고, 피측정물(105)을 가동 스테이지(92)에서 X방향 또는 Y방향 또는 XY방향으로 이동시키면서, 반사광 또는 산란광의 간섭광을 검출기(109)로 검출하여도 좋다. 반대로, 피측정물(105)을 고정으로 하고, 참조 미러(107)를 반사 미러 이동 장치(91)로 이동시키면서, 반사광 또는 산란광의 간섭광을 검출기(109)로 검출하여도 좋은 것도 마찬가지이다.

- [0072] (제3실시형태)
- [0073] 도 5A는 앞에서 설명한 제1실시형태에 관한 형상 측정 장치의 하나의 구체적인 구성 예를 나타내고 있다. 도 5B는 앞에서 설명한 제1실시형태에 관한 형상 측정 장치를 사용해서, 복수의 렌즈의 표리면을 검사할 경우의 설명도이다. 도 5A 및 도 5B에서는 이해를 돕기 위해, 광축 중심을 전진하는 광의 가는 길(往路)과 오는 길(復往)을 위치를 조금 옮겨서 표시하도록 되어 있다. 도 5C~도 5G는 본 발명의 제3실시형태에 관한 형상 측정 장치의 일부 구성을 각각 나타내고 있다. 도 5H는 앞에서 설명한 제1실시형태에 관한 형상 측정 장치를 사용해서 형상 측정 동작을 실행할 때의 순서를 나타내는 흐름도이다.
- [0074] 측정 대상물(피검 렌즈)인 피측정물(105)의 구체적인 예로서는 도 5A에 나타내는 바와 같이, 디지털 스틸 카메라(DSC)의 렌즈 경통(鏡筒) 등과 같이, 복수의 피검 렌즈(105A, 105B)가 동일한 축으로 구비된 것을 측정 대상물(피검 렌즈)로 한다. 다만, 도 5A에서는 간략화하기 위해, 렌즈 경통 자체는 생략해서 복수의 피검 렌즈(105A, 105B)만을 도시하고 있다.
- [0075] 이러한 측정 대상물인 복수의 피검 렌즈(105A, 105B)의 표리면(제1피검 렌즈(105A)의 표면(105Aa)과 이면(105Ab)과, 제2피검 렌즈(105Ba)와 이면(105Bb))의 형상을 도 5B에 나타내는 바와 같이 검사할 경우, 렌즈 경통으로 조립한 상태로, 각각의 피검 렌즈(105A, 105B)의 표리면(제1피검 렌즈(105A)의 표면(105Aa)과 이면(105Ab)과, 제2피검 렌즈(105B)의 표면(105Ba)과 이면(105Bb))을 검사하고 싶지만, 그러기 위해서는 발광 소자(101) 및 원추 렌즈(104)를 피검 렌즈(105A, 105B)에 대해 상대적으로 이동시킬 필요가 있다.
- [0076] 그러나, 측정 정밀도 및 측정 속도(택트 타임: tact time)를 생각하면, 발광 소자(101) 및 원추 렌즈(104)를 피검 렌즈(105A, 105B)에 대해 이동시키지 않는 것이 바람직하다.
- [0077] 그래서, 본 발명의 제3실시형태에 관한 형상 측정 장치에서는 직경이 다른 복수의 도넛 형상의 셔터(70, 71, 72, 73)를 준비하고, 도 5C~도 5G와 같이 해서, 복수의 셔터(70, 71, 72, 73)를 전환하여, 도 5B와 같이, 피측정물(105)의 각 표리면에 초점이 맞추도록 조정한다.
- [0078] 즉, 우선, 도 5C 및 도 5D에 나타내는 바와 같이, 제1셔터(70)는 동일한 중심 동일한 형상의 광 투과부(70b)를 원추 렌즈(104) 정상부의 주위 부근에 대응하는 영역에 형성시키고, 나머지 부분(정상부 및 투과부(70b)의 외주부)에는 마스크부(차폐부)(70a)를 형성해서 구성하고 있다. 이와 같이 구성하면, 투과부(70b)를 투과한 광이, 원추 렌즈(104)에 의해, 제1피검 렌즈(105A)의 표면(105Aa)에 초점을 맺고, 표면(105Aa)에서 반사한 다음, 다시 투과부(70b)를 투과해서 빔 스플리터(103)로 향함으로써, 표면(105Aa)의 형상을 검출할 수 있다. 또한, 이 예에서는 투과부(70b)의 면적과 중앙 축의 마스크부(70a)의 면적이 거의 동일한 정도가 되도록 하고 있다.
- [0079] 또한, 도 5E에 나타내는 바와 같이, 제2셔터(71)는 동일한 중심 동일한 형상의 광의 투과부(71b)를, 투과부(70b)의 위치보다도 외주부 측으로, 즉, 원추 렌즈(104)의 정상부와 외주부와의 중간부에 대응하는 영역에 형성하고, 나머지 부분(투과부(71b)의 광축 중심 측의 부분과 투과부(71b)의 외주부)에는 마스크부(71a)를 형성해서 구성하고 있다. 이와 같이 구성하면, 투과부(71b)를 투과한 광이, 원추 렌즈(104)에 의해, 제1피검 렌즈(105A)를 투과해서, 제1피검 렌즈(105A)의 이면(105Ab)에 초점을 맺고, 이면(105Ab)에서 반사한 다음, 다시 제1피검 렌즈(105A) 및 투과부(71b)를 투과해서 빔 스플리터(103)로 향함으로써, 이면(105Ab)의 형상을 검출할 수 있다.
- [0080] 또한, 도 5F에 나타내는 바와 같이, 제3셔터(72)는 동일한 중심 동일한 형상의 광의 투과부(72b)를 투과부(71b)의 위치보다도 외주부 측의 위치에 형성하고, 나머지 부분(투과부(72b)의 광축 중심 측의 부분과 투과부(72b)의 외주부)에는 마스크부(72a)를 형성해서 구성하고 있다. 이와 같이 구성하면, 투과부(72b)를 투과한 광이, 원추 렌즈(104)에 의해, 제1피검 렌즈(105A)를 투과해서 제2피검 렌즈(105B)의 표면(105Ba)에 초점을 맺고, 표면(105Ba)에서 반사한 다음, 다시 제1피검 렌즈(105A) 및 투과부(72b)를 투과해서 빔 스플리터(103)로 향함으로써, 표면(105Ba)의 형상을 검출할 수 있다.
- [0081] 또한, 도 5G에 나타내는 바와 같이, 제4셔터(73)는 동일한 중심 동일한 형상의 광의 투과부(73b)를, 투과부(72b)의 위치보다도 외주부 측의 위치에 형성하고, 나머지 부분(투과부(73b)의 광축 중심 측의 부분과 투과부(73b)의 외주부)에는 마스크부(73a)를 형성해서 구성하고 있다. 이와 같이 구성하면, 투과부(73b)를 투과한 광이, 원추 렌즈(104)에 의해, 제1피검 렌즈(105A)를 투과해서, 제2피검 렌즈(105B)의 이면(105Bb)에 초점을 맺고, 이면(105Bb)에서 반사한 다음, 다시 제1피검 렌즈(105A) 및 투과부(73b)를 투과해서 빔 스플리터(103)로 향함으로써, 이면(105Bb)의 형상을 검출할 수 있다.
- [0082] 이와 같이 해서, 제1~제4셔터(70, 71, 72, 73)를 적절하게 바꾸면서 조정함으로써, 원추 렌즈(104) 등의 광학

계의 이동 없이, 피검 렌즈(105A, 105B)의 각 표리면에 초점을 맞출 수 있다. 이와 같이 복수 개의 서터를 사용함으로써, 첫째 장의 피검 렌즈, 즉 제1피검 렌즈(105A)의 표면(105Aa)과 이면(105Ab)의 형상 측정을 실행할 때, 둘째 장 이후의 피검 렌즈, 즉 제2피검 렌즈(105B)의 표면(105Ba)과 이면(105Bb)에 초점 심도가 맞는 광을 제거할 수 있으며, 둘째 장 이후의 피검 렌즈에 대한 간섭이 발생하지 않도록 할 수 있고, 첫째 장의 피검 렌즈의 형상 측정을 정밀도가 좋게 실행할 수 있다.

- [0083] 또한, 상기의 광학 필터(601)를 배치함으로써, 제1~제4서터(70, 71, 72, 73)의 각각 정상부 부근의 영역의 차폐부를 생략해서, 정상부 부근의 영역을 모두 투과부로 할 수도 있다.
- [0084] 이 제1~제4서터(70, 71, 72, 73)의 전환 장치(61)는 예를 들면, 원판 부재에 제1~제4서터(70, 71, 72, 73)를 고정해 놓고, 모터 등의 회전 구동 장치로 원판 부분을 소정의 각도 회전시켜서, 제1~제4서터(70, 71, 72, 73) 중의 원하는 서터를 광축 위에 위치시켜서, 도 5C~도 5G 중 어느 하나의 상태가 되도록 제어하는 것이 가능하다. 이러한 서터의 전환 동작의 제어는 형상 측정 장치 전체의 동작을 제어하는 제어 장치(60)로 실행할 수 있다. 제어 장치(60)는 발광 소자(101)와, 가동 스테이지(92)와, 반사 미러 이동 장치(91)와, 검출기(109)와, 형상 측정부(80)와, 전환 장치(61)와의 동작을 각각 제어하는 것이다.
- [0085] 이러한 형상 측정 장치(83)에 의한 형상 측정 동작에 대해서, 도 5H를 기초하여 설명한다. 또한, 이 형상 측정 동작은 제어 장치(60)에서의 동작 제어 하에서 실행된다.
- [0086] 측정 시작 후, 우선 스텝 S1에서, 발광 소자(101)로부터 콜리메이터 렌즈(102)와 빔 스플리터(103)와 원추 렌즈(104)를 투과해서, 피측정물(105)의 표면에 레이저 조사를 실행한다.
- [0087] 다음으로, 스텝 S2에서, 피측정물(105)의 표면에서 반사한 반사광 또는 표면의 후방에서 산란한 후방 산란광이, 원추 렌즈(104)를 투과해서, 참조 미러(107)로부터의 반사광과, 빔 스플리터(103)에서 결합되어 간섭광이 되고, 집광 렌즈(108)를 통해서, 간섭광이 검출기(109)로 검출된다. 즉, 피측정물(105)의 표면과 참조용의 반사 미러(107)의 파장마다 간섭 강도를 검출기(109)로 검출한다.
- [0088] 다음으로, 스텝 S3에서, 검출기(109)를 통해 형상 측정부(80)의 분광기(80A)로 검출된 간섭 강도를 A/D 변환기(80B)로 디지털 정보로 변환한 다음, 퍼스널 컴퓨터(80C)에 넣고, 그 디지털 정보를 푸리에 변환(fourier transformation)한다.
- [0089] 다음으로, 스텝 S4에서, 스텝 S3에서 디지털 정보를 푸리에 변환하여 구하고 디지털 정보로부터 높이 정보를 얻음으로써, 피측정물(105) 표면의 형상 측정이 완료한다.
- [0090] 상기 스텝 S1~스텝 S4를 전환 장치(61)를 구동해서, 제1~제4서터(70, 71, 72, 73)의 각각에 대해 실행함으로써, 복수의 렌즈(105A, 105B)의 표리면(제1렌즈(105A)의 표면(105Aa)과 이면(105Ab)과, 제2렌즈(105B)의 표면(105Ba)과 이면(105Bb))의 형상을 검사할 수 있다.
- [0091] 또한, 통상, 각 피측정물(105)의 표면에 초점을 맞출 때에, 측정 대상물(피검 렌즈)의 피측정물(105)이 구면 또는 비구면 중 어느 경우에 있어서도, 초점이 피측정물(105)의 표면 형상을 덧대도록, 원추 렌즈(104) 등의 광학계를 움직일 필요가 있다.
- [0092] 그러나, 본 발명에서는 앞에서 설명한 구성을 사용함으로써(특히, 원추 렌즈(104)를 사용함으로써), 광축 깊이 방향으로 마진을 갖는 검사(다시 말하면, 원추 렌즈(104)를 사용해서 깊은 초점 심도(M)(도 5I 참조)를 이용하면서 검사)를 실행하는 것이 가능하게 되어 있다.
- [0093] 그 때문에, 피측정물(105)의 표면 형상의 설계값 등의 데이터가 기지(既知)의 경우는 광축 깊이 방향에 있어서, 도 5I에 나타내는 바와 같이, 피측정물(105) 표면의 중앙 부근에 초점(122a)을 맞추므로써, 피측정물(105)의 표면을 검사할 경우에, 원추 렌즈(104) 등을 전혀 움직이지 않고, 검사를 실행하는 것이 가능하다. 이것은 분광기(80A)로 검출해서 푸리에 변환을 실행함으로써 원추 렌즈(104) 등을 전혀 움직이지 않고 검사를 하는 것이, 원추 렌즈(104)나 참조 미러(107)를 움직여서 검사를 하는 것과, 광학적으로 등가(等價)이기 때문이다.
- [0094] 상기 제1~제3 실시형태에 의하면, 평행광 광원(90)으로부터 출사한 평행광(120)을 빔 스플리터(103)로 2개의 평행광(121A, 121B)으로 분기하고, 분기된 광 중 하나의 평행광(121A)을 원추 렌즈(104)에 의해, 상기 수식(4) 및 (2)를 만족시키는 거리  $p$ 에 걸쳐서 광축 위의 에너지 밀도  $I$ 가 극대가 되는 광(빔)(122)으로 바꾸어 피측정물(105)의 표면에 조사하고, 분기된 광 중 또 하나의 평행광(121B)은 참조 미러(107)에 조사하고, 상기 피측정물(105)의 표면에 조사한 광(빔)(122)의 반사광 또는 후방 산란광(123)과, 참조 미러(107)로부터의 반사광(124)과의 간섭광을 검출기(109)로 검출하고, 검출기(109)로 검출된 간섭광을 바탕으로 피측정물(105) 표면의 형상을

형상 측정부(80)에서 측정한다. 이러한 구성에 의해, 종래보다도 대심도(예를 들면, 종래보다도 1 자릿수 또는 2 자릿수 큰 초점 심도를 갖추고) 및 고분해능(예를 들면, 서브미크론 이하의 분해능을 갖추는) 형상 측정을 실행할 수 있다.

[0095] 즉, 대물 렌즈에 구면 또는 비구면의 1장 또는 복수 장의 렌즈를 사용한 마이켈슨 간섭에 의한 종래의 형상 측정 장치에서는 대물 렌즈의 개구수(NA)에 의해 측정의 심도와 측정의 분해능이 결정되고, 깊은 측정의 심도와 높은 측정의 분해능이 상반되는 관계가 되어, 양쪽이 양립할 수가 없었다. 그러나, 상기 제1~제3 실시형태에 의하면, 상기 식(4) 및 (2)를 만족시키는 구성의 원추 렌즈(104)를 사용함으로써, 종래보다도 대심도(예를 들면, 종래보다도 1 자릿수 또는 2 자릿수 큰 초점 심도를 갖추고) 및 고분해능(예를 들면, 서브미크론 이하의 분해능을 갖추는) 형상 측정을 실행할 수 있다.

[0096] 또한, 상기 여러 가지의 실시형태 중 임의의 실시형태를 적절하게 조합함으로써, 각각이 갖는 효과를 발휘하도록 할 수 있다.

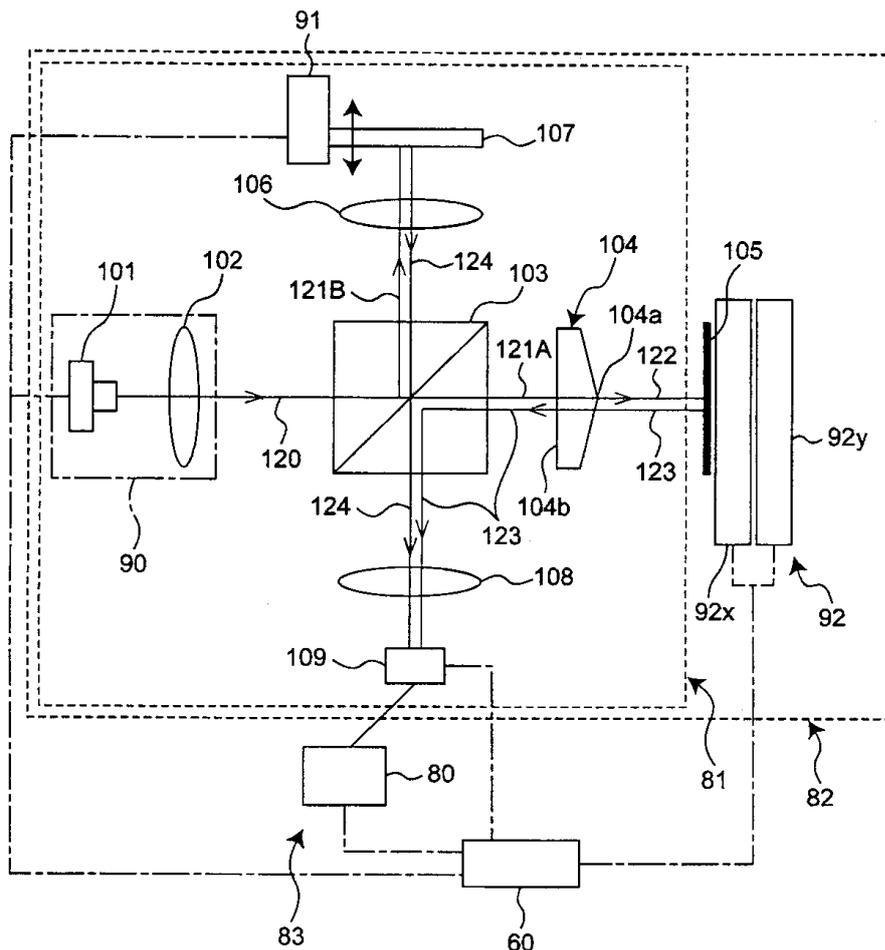
**산업상 이용가능성**

[0097] 본 발명은, 피측정물의 형상을 대심도 및 고분해능으로 측정할 수 있는, 공업 제품(예를 들면, 렌즈) 등의 피측정물(측정 대상물)의 표면 또는 이면의 형상을 측정하는 형상 측정 장치 및 방법으로서 유용하다.

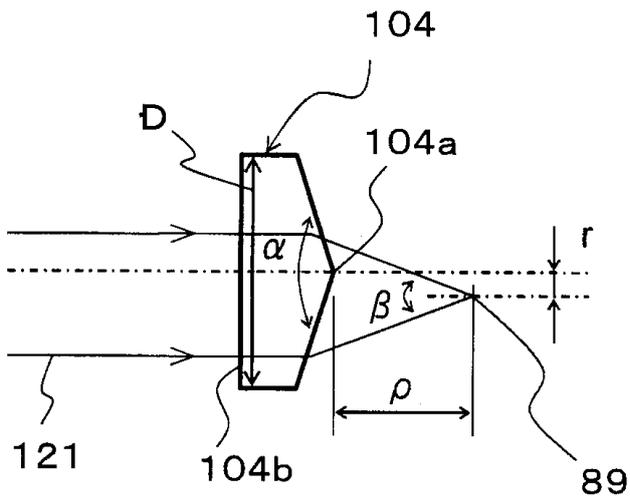
[0098] 본 발명은 첨부한 도면을 참조하여 바람직한 실시형태와 관련하여 충분히 기재되어 있지만, 이 기술이 숙련된 사람들에게 있어 여러 가지의 변형 또는 수정은 명백하다. 그러한 변형 또는 수정은 첨부한 청구범위에 의한 본 발명의 범위로부터 벗어나지 않는 한, 그 중에 포함되는 것으로 이해되어야 한다.

**도면**

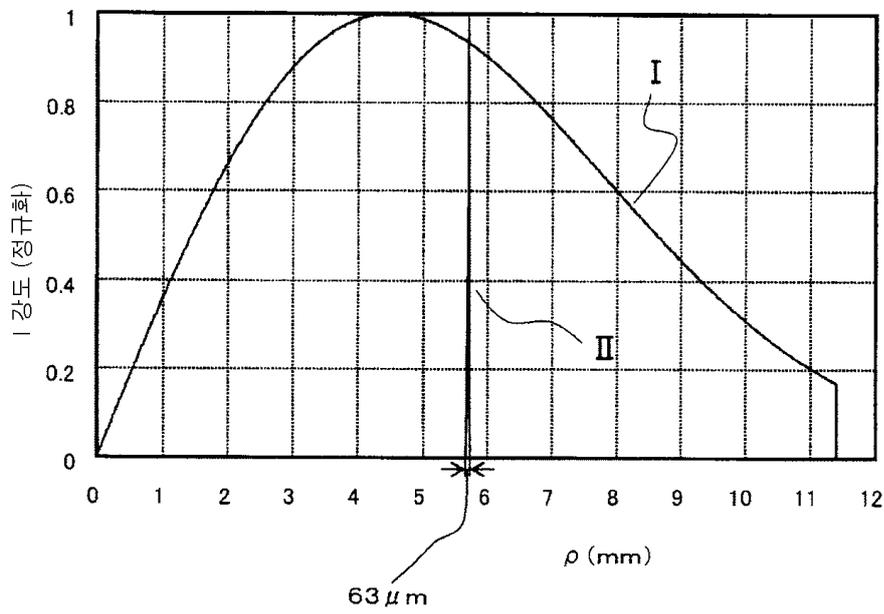
**도면1**



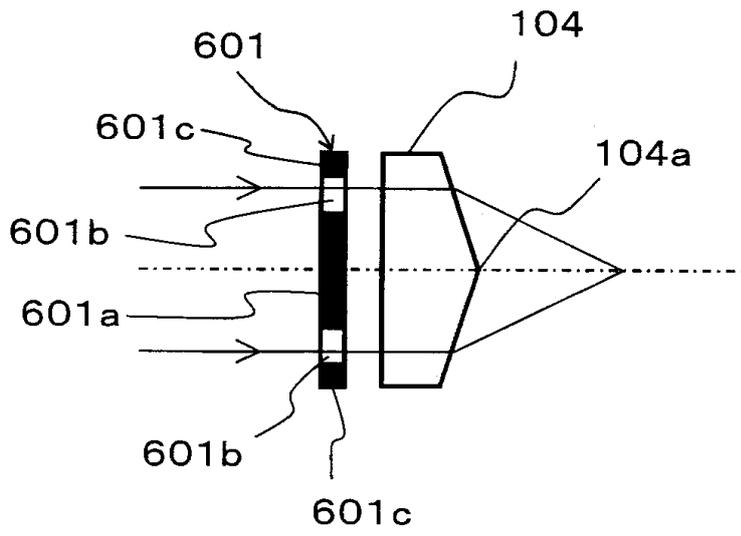
도면2



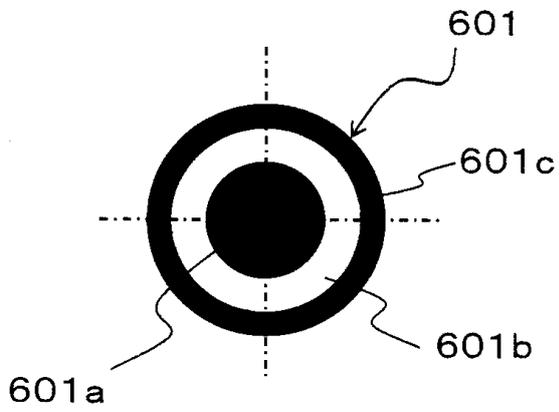
도면3



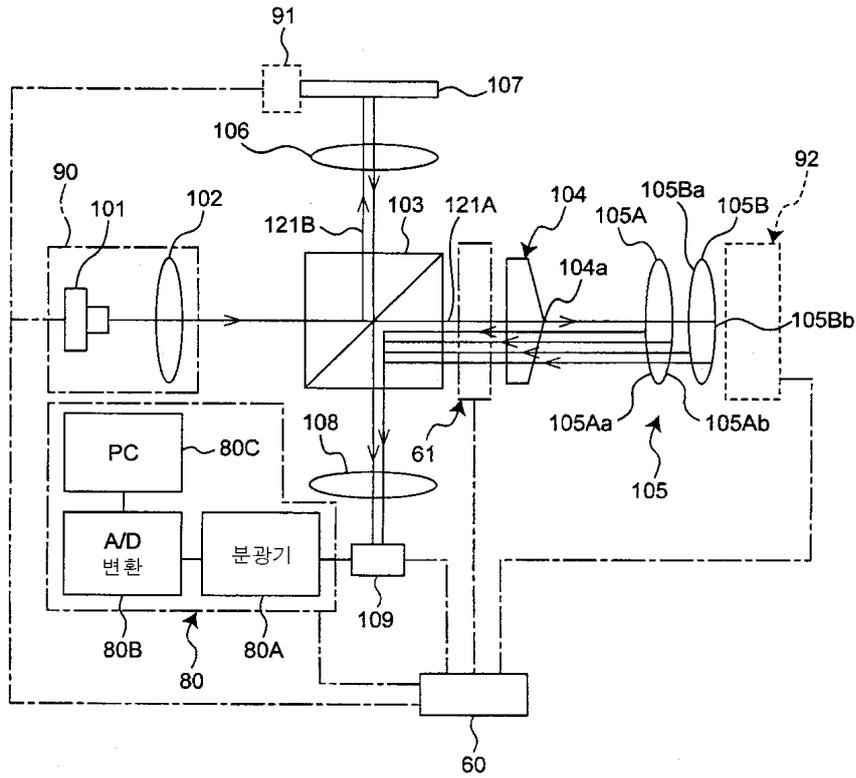
도면4a



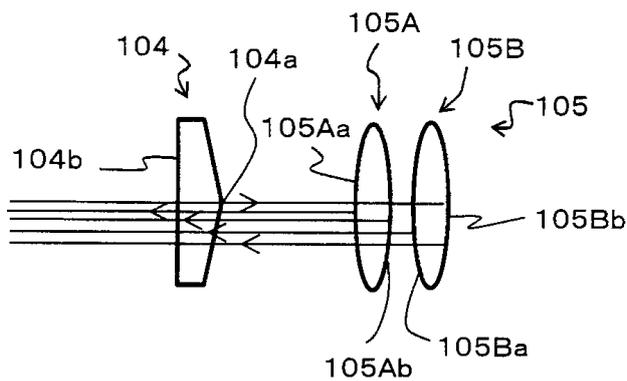
도면4b



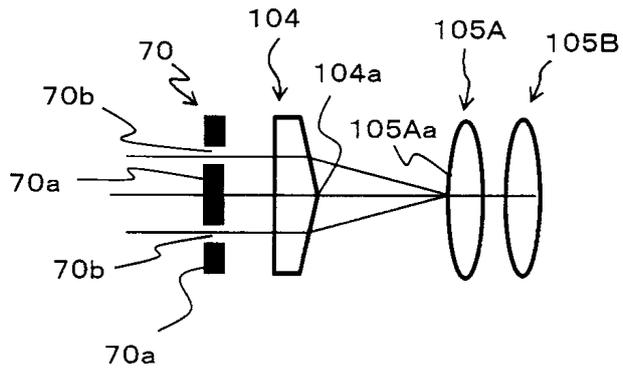
도면5a



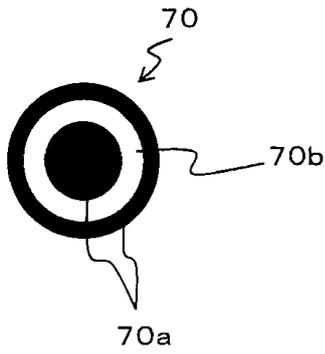
도면5b



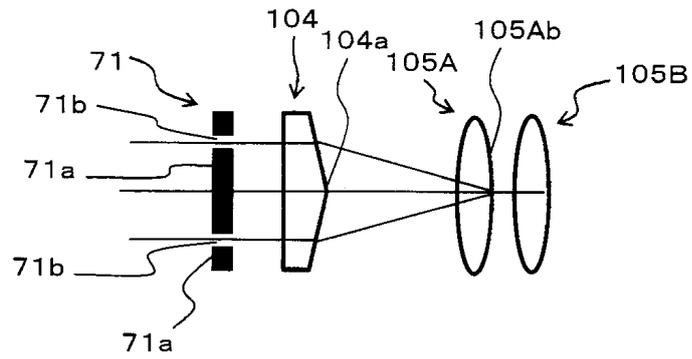
도면5c



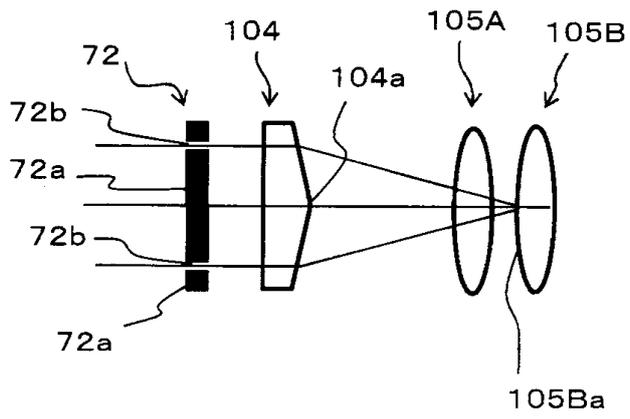
도면5d



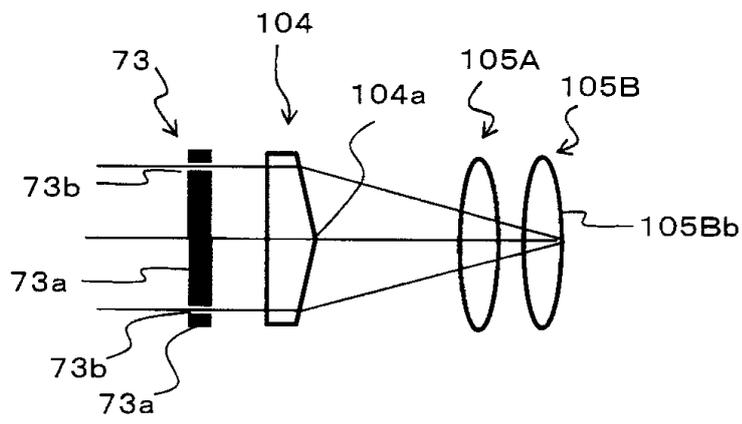
도면5e



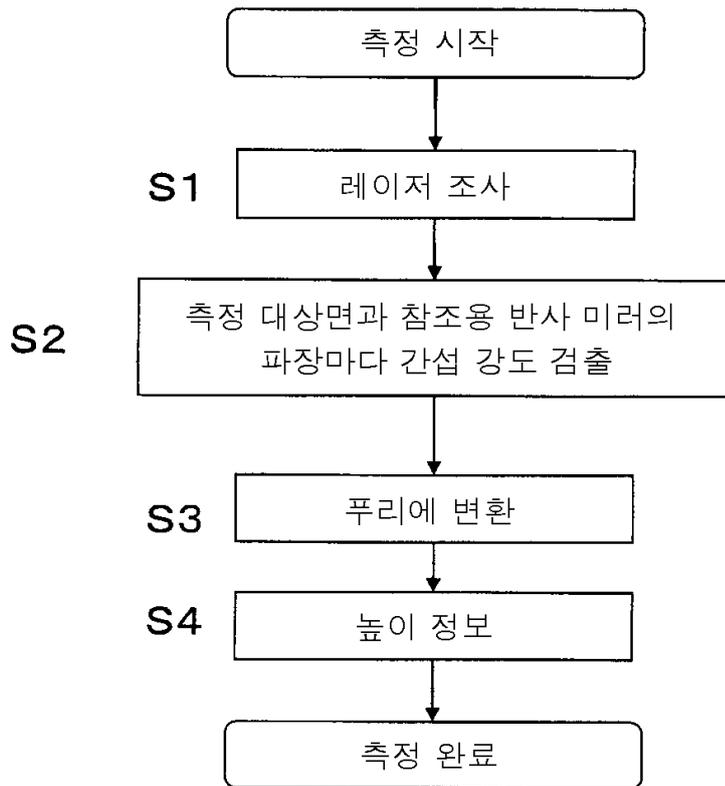
도면5f



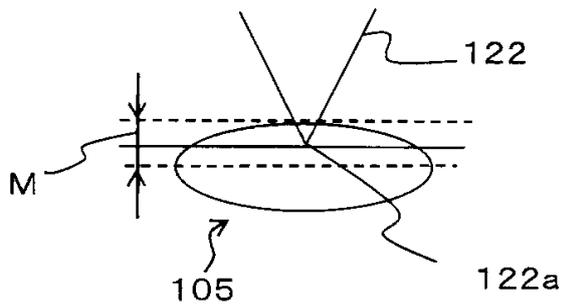
도면5g



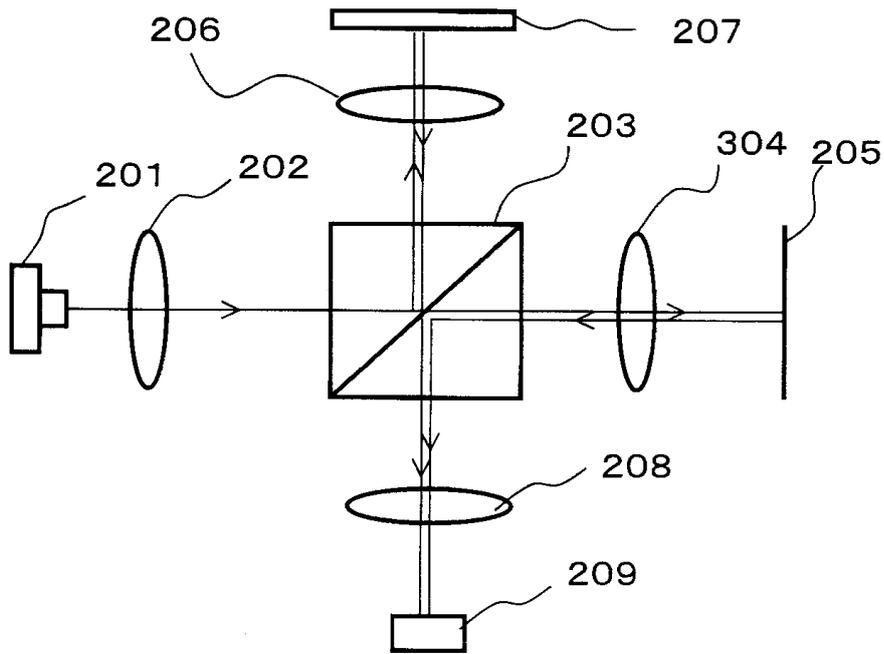
도면5h



도면5i



도면6



도면7

