



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2021-0092821
(43) 공개일자 2021년07월26일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01B 11/06 (2006.01) G01B 11/14 (2006.01)
G01B 11/24 (2006.01) G01S 17/46 (2006.01)
G02B 27/10 (2006.01) G02B 27/12 (2006.01)
- (52) CPC특허분류
G01B 11/0608 (2013.01)
G01B 11/14 (2021.01)
- (21) 출원번호 10-2021-7019476
- (22) 출원일자(국제) 2019년11월05일
심사청구일자 2021년06월23일
- (85) 번역문제출일자 2021년06월23일
- (86) 국제출원번호 PCT/DE2019/200123
- (87) 국제공개번호 WO 2020/114562
국제공개일자 2020년06월11일
- (30) 우선권주장
10 2018 130 901.5 2018년12월04일 독일(DE)

- (71) 출원인
프레시텍 옵트로닉 게엠베하
독일 63263 뉴-아이젠버그 슈레우스너스트라췌 54
- (72) 발명자
디에츠 크리스토프
독일 오베르츠하우젠 63179 안톤-브루크너-스트라췌 11
- (74) 대리인
김경희

전체 청구항 수 : 총 12 항

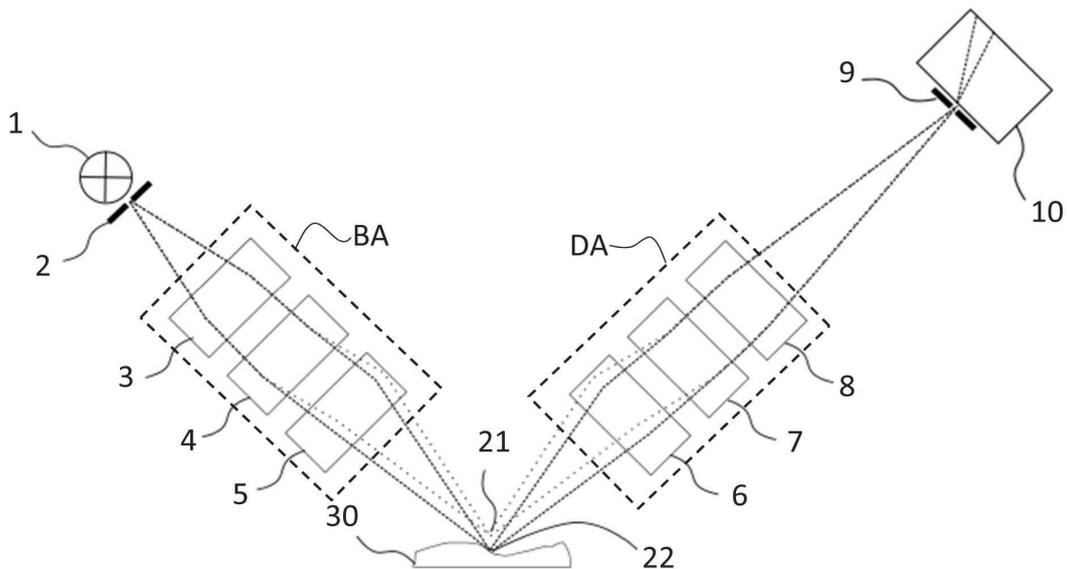
(54) 발명의 명칭 광학 측정 장치

(57) 요약

측정 장치는, 복수의 파장들의 광을, 특히 연속 스펙트럼으로, 방출하는 광원(1)을 포함한다. 측정 장치는 상기 광원(1)으로부터의 광이 관통하는 제1 공초점 다이어프램(2), 및 프리즘 또는 격자로 설계되는 제1 스플리팅 광학 요소를 가지는 광학 조명/촬상 시스템(BA)을 포함한다. 상기 광학 조명/촬상 시스템(BA)은 광이 제1 스플리팅

(뒷면에 계속)

대표도 - 도1



광학 요소(4)에 들어가서 시준되도록 설계된다. 광학 조명활상 시스템(BA)은 상기 제1 스플리팅 광학 요소(4)로부터 공간적으로 분리되어 있는 적어도 하나의 제1 렌즈를 갖는 제1 렌즈 시스템(5)을 가지고, 상기 제1 렌즈 시스템(5)의 유효 초점 거리($f(\lambda)$)는 서로 다른 파장들(λ)에 대하여 상당히 다르고, 상기 광학 조명/활상 시스템(BA)은 서로 다른 파장들의 초점들이 랑니 세그먼트를 따라 서로 다른 위치들에 형성되도록 설계된다. 상기 측정 장치는 상기 라인 세그먼트(41)와 교차하고 또한 상기 광의 적어도 일부를 반사시키는 물체(30)를 측정하도록 구성된다.

(52) CPC특허분류

G01B 11/24 (2013.01)

G01S 17/46 (2013.01)

G02B 27/1006 (2013.01)

G02B 27/1086 (2013.01)

G02B 27/126 (2013.01)

G01B 2210/50 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

- 복수의 파장들의 광을, 특히 연속 스펙트럼으로, 방출하는 광원(1),
- 상기 광원(1)으로부터의 광이 관통하는 제1 공초점 다이어프램(2),
- 광학 조명/촬상 시스템(BA)을 포함하고, 상기 광학 조명/촬상 시스템(BA)은 적어도
- 프리즘 또는 격자로 설계되는, 제1 스플리팅 광학 요소(4),
- 상기 제1 스플리팅 광학 요소(4)에 들어가는 광은 시준되고,
- 및 상기 제1 스플리팅 광학 요소(4)로부터 공간적으로 분리되어 있는 적어도 하나의 제1 렌즈를 갖는 제1 렌즈 시스템(5)을 포함하고, 상기 제1 렌즈 시스템(5)의 유효 초점 거리($f(\lambda)$)는 서로 다른 파장들(λ)에 대하여 상당히 다르고,
- 이로써, 상기 광학 조명/촬상 시스템(BA)은 서로 다른 파장들의 초점들이 서로 다른 위치들에 형성되도록 설계되고, 이 위치들은 상기 제1 렌즈 시스템(5)의 대칭 축(40)에 예각을 형성하는 라인 세그먼트(41)를 따라 배치되고,
- 상기 측정 장치는 상기 라인 세그먼트(41)와 교차하고 또한 상기 광의 적어도 일부를 반사시키는 물체(30)를 측정하도록 구성되고,
- 상기 측정 장치는 상기 광학 조명/촬상 시스템(BA)으로부터 공간적으로 분리되어 있는 광학 검출/촬상 시스템(DA)을 포함하고,
- 또한 상기 광학 검출/촬상 시스템(DA)은 상기 조명 광이 상기 물체를 타격하는 방향과는 다른 방향으로부터 상기 물체(30)에 의해 반사되는 광을 수신하도록 구성되고,
- 상기 광학 검출/촬상 시스템(DA)은 제2 공초점 다이어프램(9) 상에 모든 파장들의 초점들을 촬상하도록 구성되고,
- 상기 측정 장치는 상기 제2 다이어프램(9)을 관통하는 광의 세기를 기록하도록 구성되는 검출기(10)를 포함하는, 크로마틱 공초점 측정 장치.

청구항 2

제 1 항에 있어서, 상기 광원(1)의 최소 파장에 대한 상기 제1 렌즈 시스템(5)의 초점 거리는 상기 광원(1)의 최대 파장에 대한 상기 제1 렌즈 시스템의 초점 거리와 δf 정도 만큼 다르고, δf 와 상기 중간 파장(f_0)에 대한 상기 제1 렌즈 시스템(5)의 초점 거리의 몫은 5% 이상인 것을 특징으로 하는, 크로마틱 공초점 측정 장치.

청구항 3

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서, 상기 초점 위치들의 축상 스플리팅은 상기 초점 위치들의 측면 스플리팅의 적어도 0.1 배인 것을 특징으로 하는, 크로마틱 공초점 측정 장치.

청구항 4

제 1 항 내지 제 3 항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 제1 렌즈 시스템(5)은 40보다 작은 아베수를 갖는 적어도 하나의 렌즈를 포함하는 것을 특징으로 하는, 크로마틱 공초점 측정 장치.

청구항 5

제 1 항 내지 제 4 항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 서로 다른 파장들의 초점 위치들을 지나는 상기 라인 세그먼트(41)는 상기 제1 렌즈 시스템(5)의 대칭축(40)에 60° 보다 작거나 및/또는 30° 보다 큰, 특히 45° 와 같은

각을 가지는 것을 특징으로 하는, 크로마틱 공초점 측정 장치.

청구항 6

제 1 항 내지 제 5 항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 광학 조명/촬상 시스템(BA)은 상기 광원(1)이 상기 제1 스플리팅 광학 요소(4) 사이에 배치되고 또한 수색성인 시준 렌즈(3)를 포함하는 것을 특징으로 하는, 크로마틱 공초점 측정 장치.

청구항 7

제 1 항 내지 제 6 항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 제1 스플리팅 광학 요소(4)는 격자이고 또한 상기 제1 렌즈 시스템(5)은 적어도 하나의 회절 렌즈를 포함하는 것을 특징으로 하는, 크로마틱 공초점 측정 장치.

청구항 8

제 1 항 내지 제 7 항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 제1 렌즈 시스템(5)은 상기 제1 스플리팅 광학 요소(4)를 향해 경사져 배치되고, 특히 이로써 상기 평행한 중간 파장은 상기 제1 렌즈 시스템(5)의 대칭축(40)에 평행한 상기 제1 렌즈 시스템(5)을 타격하게 되는 것을 특징으로 하는, 크로마틱 공초점 측정 장치.

청구항 9

제 1 항 내지 제 8 항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 제1 공초점 다이어프램(2)은 슬릿 다이어프램이고, 이로써 각각의 파장에 대하여 초점들을 형성하는 대신, 초점 선들이 상기 제1 렌즈 시스템(5)의 대칭축(40)에 예각을 형성하는 영역 세그먼트를 따라 배치되어 형성되는 것을 특징으로 하는, 크로마틱 공초점 측정 장치.

청구항 10

제 1 항 내지 제 9 항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 광학 검출/촬상 시스템(DA)은 프리즘 또는 격자로 설계되는 제2 스플리팅 광학 요소(7) 및 제2 렌즈 시스템(6)을 포함하는 것을 특징으로 하는, 크로마틱 공초점 측정 장치.

청구항 11

제 10 항에 있어서, 상기 제2 스플리팅 광학 요소(7)는 상기 제1 스플리팅 광학 요소(4)와 동일한 구조이고 또한 상기 제2 렌즈 시스템(6)은 상기 제1 렌즈 시스템(5)과 동일한 구조인 것을 특징으로 하는, 크로마틱 공초점 측정 장치.

청구항 12

제 1 항 내지 제 11 항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 검출기(10)는 분광기를 포함하고 또한 상기 파장들의 세기 최대값들을 결정하고 또한 이들로부터 상기 물체의 거리 값들을 계산하도록 구성되는 것을 특징으로 하는, 크로마틱 공초점 측정 장치.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 이 개시는 광학 측정 장치에 관한 것으로서, 특히 물체를 측정하기 위한 광학 크로마틱 측정 장치에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 물체를 측정하기 위한 광학 측정 장치들이 공지되어 있다. 다색 광원 및 측정될 물체에서 안내되는 광학적 광선을 비-축 방향으로 색 분산(disperse chromatically)시키는 분산 구성요소를 갖는 광학 처리부를 포함하는, 물체들의 표면 및 두께를 판단하기 위한 측정 기기가 EP 2 076 733 B1으로부터 알려져 있다. 이 장치에 있어서, 광학적 광선의 서로 다른 파장들은 서로 다른 높이들에서 물체 표면의 법선 방향으로 포커싱된다. 광학적 광선에 대한 제2 처리부는, 광을 안내하는데, 이 광은 측정 물체에 의해 거울-반사 방향으로, 검출기를 향해, 반사되고, 이 검출기는 표면 높이를 판단하기 위해 최대 세기의 파장을 판단하도록 구성된다.

발명의 내용

- [0003] 본 발명의 목적은 물체를 측정하기 위한 개선된 측정 장치를 구체화하는 데 있다.
- [0004] 개시의 일 측면은 복수의 파장들을 방출하고 또한 그 광이 제1 공초점 다이어프램에 의해 광학 조명/촬상 시스템으로 안내되는 광원을 포함하는 측정 장치를 제안한다. 이 광학 조명/촬상 시스템은 제1 스플리팅 광학 요소를 포함하는데, 이것은 프리즘 또는 격자로 설계된다. 제1 스플리팅 광학 요소는 파장에 종속하여 광을 분기시킨다. 즉, 동일한 각도에서 스플리팅 광학 요소를 타격하는 서로 다른 파장들의 광은 서로 다른 각도에서 스플리팅 광학 요소를 떠나게 된다. 프리즘의 경우에 있어서 이것은 분산(dispersion) 때문이고; 격자(grating)의 경우에 있어서는 제1 또는 더 높은 차수의 회절(양 또는 음의 회절 차수들)이 광학 출력으로 사용되고 또한 스펙트럼으로 분기된다.
- [0005] 진행에 있어서, 광은 모든 파장들에 대하여 시준되어(collimated) 제1 스플리팅 광학 요소에 진입한다. 이것은 명확하게 파장-종속적인 초점 거리를 갖는 요소가 아닐 때에만, 특히 표시된 색수차를 갖는 렌즈 또는 렌즈 조합체가 광원과 제1 스플리팅 광학 요소 사이에 배치되지 않을 때에만 가능하다.
- [0006] 광학 조명/촬상 시스템은 또한 적어도 하나의 제1 렌즈를 갖는 제1 렌즈 시스템을 포함한다. 제1 렌즈 시스템은 제1 스플리팅 광학 요소로부터 공간적으로 분리되어 있고; 이들은 2 개의 분리된 별개의 요소들이다. 제1 렌즈 시스템은 그 유효 초점 거리(effective focal length)가 서로 다른 파장들에 대하여 크게 변한다는 사실을 특징으로 한다. 이 특성은 축상 색수차(axial chromatic aberration)로 알려져 있다.
- [0007] 광은 광학 조명/촬상 시스템에 의해 포커싱되고, 포커싱 위치들, 특히 서로 다른 파장들의, 초점들(focus points) 또는 초점 선들(focus lines)은 서로 다른 위치들에 형성된다. 이 위치들은 측정 세그먼트, 특히 라인 세그먼트 또는 영역 세그먼트를 따라 배치되는데, 이것은 제1 렌즈 시스템의 대칭 축과 예각을 형성한다.
- [0008] 초점들 또는 초점 선들이 배치되는 라인 세그먼트(line segment) 또는 영역 세그먼트(area segment)의 영역(region)은 측정 장치의 측정 범위를 나타낸다. 라인 세그먼트와 교차하고 또한 광의 적어도 일부를 반사시키는 물체는 측정될 수 있다.
- [0009] 초점들로부터 렌즈 시스템까지의 거리는 제1 렌즈 시스템의 축상 색수차로 인해 파장에 따라 다르다. 상당한 축상 수차가 없다면 초점들은 대칭축에 대략적으로 수직하게 정렬될 것이다.
- [0010] 측정 장치는 또한 광학 조명/촬상 시스템으로부터 공간적으로 분리되어 있는 광학 검출/촬상 시스템을 포함한다. 공간적 분리는 더 작고, 더 가벼운 광학 구성요소들의 사용을 허용한다. 광학 검출/촬상 시스템은 조명 광이 물체를 타격하는 방향과는 다른 방향으로부터 물체에 의해 반사되는 광을 수신하고 또한 제2 공초점 다이어프램 상에 사용되는 모든 파장들의 초점들을 촬상(image)하도록 구성된다.
- [0011] 제2 공초점 다이어프램은 초점 밖에서 측정 물체를 타격하고 이로 인해 제2 공초점 다이어프램 상에 정확하게 촬상되지 않는 파장들의 광을 억제하는 효과를 가지고, 이로써 백그라운드를 감소시키고 신호대잡음비를 개선시킨다.
- [0012] 측정 장치는 또한 제2 다이어프램을 관통하는 광의 세기를 기록하도록 구성되는 검출기를 포함한다.
- [0013] 상당한 축상 수차로 인해, 포커싱 위치들 또는 초점들의 촬상 품질이 좋을 때 광 입사 각도는 소위 섀도잉 효과(shadowing effects)를 효율적으로 억제하거나 또는 감소시키도록 증가될 수 있다.
- [0014] 따라서 발명의 특징들은 측정 물체 상의 측정 광의 입사 평균 각이 더 가파르고, 이로써 섀도잉을 감소시키게 되는 장점을 제시한다.
- [0015] 한편, 입사 각은 또한 물체에 수직하지 않고 이로써 광학 조명/촬상 시스템 및 광학 검출/촬상 시스템을 분리하여 운영하는 것이 가능하고 또한 입사 방향 또는 수신 방향이 초점들이 정렬되는 방향으로부터 변하는 것이 가능하다. 결과적으로, 물체의 표면 상에 포커싱되지 않은 파장들로부터의 광은 제2 공초점 다이어프램 상에서 초점 밖에 촬상될 뿐만 아니라 측면으로도 오프셋된다. 이것은 물체 상에서 초점 밖에 있는 이러한 파장들의 광이 제2 공초점 다이어프램을 덜 관통하고 또한 백그라운드는 계속 억제된다는 것을 의미한다. 측정 장치의 분해능(resolution)은 오로지 사용되는 대물렌즈(광학 조명/촬상 시스템 및 광학 검출/촬상 시스템)의 분해능에 의해 결정된다.
- [0016] 대체로, 초점들이 배치되는 라인 세그먼트는 바람직하게 측정될 물체의 표면과 직각으로 또는 거의 직각으로 고

차한다. 이것은 측정이 왜곡되지 않는 장점을 가진다. 직각에서, 표면에 평행한 좌표 값들(x/y 좌표들)은 각각의 초점에 대하여 일정하고 또한 표면 상의 높이(z)나 파장에 따라 달라지지 않는다. 이것은 표면의 지형이 추가적인 변환 없이 직교 좌표계에서 직접 결정될 수 있음을 의미한다. 결과적으로, 어떠한 표면 왜곡도 측정에서 발생하지 않는다.

[0017] 광학 조명/촬상 시스템 및 광학 검출/촬상 시스템의 대칭 배치에 있어서, 표면에 수직인 라인 세그먼트의 배치 또한 더 높은 발광 효율(luminous efficacy)의 장점을 가진다.

[0018] 본 발명의 유리한 개선들은 이하에서 설명된다.

[0019] 광원은 바람직하게 연속 스펙트럼을 방출한다. 방출되는 스펙트럼은 특히 바람직하게 가시광선 범위(대략 400-800 nm)에 또는 적외선 범위에 있다.

[0020] 광원의 최소 파장에 대한 제1 렌즈 시스템의 초점 거리는 광원의 최대 파장에 대한 제1 렌즈 시스템의 초점 거리와 δf 정도 만큼 다르다. δf 와 중간 파장(f_0)에 대한 초점 거리의 몫은 바람직하게 5% 이상이다. 이 레벨의 색수차는 상당한 것으로 간주될 수 있다.

[0021]
$$\frac{\delta f}{f_0} > 5\%$$

[0022] 광원의 최소 파장의 초점과 최대 파장의 초점 사이의 거리는 측정 장치의 측정 범위를 정의한다. 각각의 적용에 대해서는 특히 적절한 측정 범위가 존재한다. 선택되는 측정 범위는, 예를 들어, 최대 구조들 또는 측정되는 물체 상에서 예상되는 높이 차이들보다 더 큰 것이 유리하다. 동시에, 선택되는 측정 범위는 일반적으로 측정 범위와 분해능 사이에 역관계가 있기 때문에 너무 커서도 안된다. 이 적용에 있어서 측정 범위는 바람직하게 수밀리미터 또는 1 밀리미터보다 작은 범위에 있다.

[0023] 측정 범위는 서로 다른 파장들의 초점들을 제1 렌즈 시스템의 대칭축과 관련하여 측면으로 또한 축상으로 이동 시킴으로써 미리 결정된다. 축상 이동 및 측면 이동은 바람직하게 2배보다 작은 만큼 다르고 또한 특히 바람직하게 대략적으로 동일하다. 다시 말하면, 축상 및 측면 이동 모두는 측정 범위 자체와 동일한 차수의 크기를 가진다.

[0024] 초점 위치들의 측면 및 축상 이동들은 서로 다른 파장들의 초점 위치들을 관통하는 라인 세그먼트가 제1 렌즈 시스템의 대칭축에 60° 이하의 각도를 가지도록 선택되는 것이 유리하다. 각도는 45° 와 같거나 또는 이보다 작은 것이 특히 바람직하다. 이것은 왜곡을 피하기 위해 특히 적절하고 또한 컴팩트한 디자인을 허용한다.

[0025] 서로 다른 파장들의 초점들을 지나가는 라인 세그먼트는 제1 렌즈 시스템의 대칭축에 30° 보다 큰 각도를 가지는 것이 또한 바람직하다.

[0026] 광원의 최소 파장에 대한 제1 렌즈 시스템의 초점 거리는 광원의 최대 파장에 대한 제1 렌즈 시스템의 초점 거리와 측정 장치의 미리 결정된 측정 범위에 대략적으로 대응하는 정도 만큼 다른 것이 특히 바람직하다.

[0027] 충분한 초점 이탈(색수차)를 달성하기 위해 제1 렌즈 시스템 내 렌즈들 중 적어도 하나는 $V_d < 40$ 의 아베수를 가지는 것이 유리하다.

[0028] 광학 조명/촬상 시스템은 바람직하게 광원과 제1 스플리팅 광학 요소 사이에 배치되는 시준 렌즈를 포함한다. 이 시준 렌즈는 바람직하게, 수색성(achromatic)이다. 즉, 서로 다른 파장들에 대한 초점 거리는 동일하거나 또는 단지 약간 다르다. 이것은 모든 파장들의 시준된 빔 경로를 허용한다. 시준 렌즈는 함께 관찰될 때, 상기에서 설정된 특성들을 가지는, 수 개의 렌즈들에 의해 대안적으로 재위치될 수 있다.

[0029] 색수차를 갖는 시준 렌즈를 제공하여 점들(spots)의 축상 이동이 시준 렌즈와 제1 렌즈 시스템 사이에서 분리되도록 하는 것이 또한 가능하다. 이것은 빔 경로가 제1 스플리팅 광학 요소에 의해 모든 파장들에 대하여 완벽하게 시준되지 않음을 의미한다.

[0030] 제1 렌즈 시스템의 초점 거리의 파장 종속성과 제1 스플리팅 광학 요소의 스플리팅의 파장 종속성을 서로 일치시키는 것에 의해 초점들이 배치되는 라인 세그먼트가 직선임을 보장하는 것은 유리하다. 이것은 파장 종속성들 사이의 수학적 관계를 고려함으로써 특히 유리하게 달성된다(도 3a 및 도 3b의 설명 참조). 바람직하게 프리즘이 하나 또는 그 이상의 분산 렌즈들(dispersive lenses)을 포함하는 제1 렌즈 시스템과 조합되어 제1 스플리팅 광학 요소로서 선택되거나, 또는 격자가 제1 렌즈 시스템 내 적어도 하나의 회절 렌즈와 조합되어 스플리팅 광

학 요소로서 선택된다. 그러므로 분산 요소들이 함께 사용되거나 또는 회절 요소들이 함께 사용된다. 이것은 초점들의 축상 및 측면 이동들이 일치하도록(즉, 비례인자까지 동일한 파장과 이동 사이의 수학적 관계는 충분하다) 하여 라인 세그먼트가 직선인 것을 보장하는 것을 가능하게 해준다.

- [0031] 본 발명의 바람직한 실시예에 따르면, 광학 검출/촬상 시스템은 제2 스플리팅 광학 요소 - 프리즘 또는 격자 - 및 제2 렌즈 시스템을 포함한다. 이것은 특히 간단한 방법으로 제2 공초점 다이어프램 상에 촬상을 허용한다. 원칙적으로, 여기의 빔 경로는 광학 조명/촬상 시스템의 빔 경로에 대응하지만 그 요소들은 역순이다. 여기서 - 역순의 결과로서 - 제2 스플리팅 광학 요소는 제1 스플리팅 광학 요소에 의해 야기되는 스플리팅을 역전시키는 효과를 가진다. 광학 조명/촬상 시스템의 초점들 중 하나로부터 나오고 또한 초점에 대응하는 파장을 가지는 광은 이로써 모든 파장들에 대하여, 동일한 위치에, 유리하게는 제2 공초점 다이어프램의 개구부 상에, 광학 검출/촬상 시스템에 의해 포커싱된다.
- [0032] 제2 스플리팅 광학 요소는 바람직하게 제1 스플리팅 광학 요소와 구조에 있어서 동일하다. 특히, 제2 스플리팅 광학 요소는 제1 스플리팅 광학 요소가 프리즘이면 프리즘이고 또한 그 구조에 있어서 동일하고 또한 제2 스플리팅 광학 요소는 제1 스플리팅 광학 요소가 격자면 격자이고 그 구조에 있어서 동일하다.
- [0033] 제2 렌즈 시스템은 바람직하게 제1 렌즈 시스템과 구조에 있어서 동일하다.
- [0034] 전체 광학 조명/촬상 시스템 및 광학 검출/촬상 시스템이 구조에 있어서 동일하다면 특히 유리하다. 이러한 배치에 있어서 이들은 거울 대칭이고 검출 빔 경로는 이로써 조명 빔 경로와 동일하다.
- [0035] 이 실시예에 있어서 초점들이 정렬되는 라인 세그먼트는 측정되는 물체에 적어도 대략적으로 수직하여 전체 배치가 대칭일 수 있는 것이 유리하다.
- [0036] 초점들이 정렬되는 라인 세그먼트는 조명 빔 경로와 검출 빔 경로 사이 각의 이등분선 상에 놓이는 것이 유리하다.
- [0037] 본 발명의 바람직한 실시예에 따르면, 검출기는 분광기를 포함하고 또한 파장들의 세기 최대값들(intensity maxima)을 결정하고 또한 이들로부터 물체의 거리 값들을 계산하도록 구성된다.
- [0038] 관계는 특히 세기 최대값의 파장과 거리 값들 사이에 설립되는 것이 바람직하다. 이것은 측정 장치를 캘리브레이션하는 것에 의해 유리하게 달성된다. 이 관계는 거리 값들을 결정하는 데 이용된다.
- [0039] 측정 장치의 공초점 구조로 인해, 측정되는 물체 상에 포커싱되는 파장들은 제2 공초점 다이어프램의 개구부 상에 다시 뚜렷하게 촬상된다. 결과적으로, 이것은 대부분 다이어프램을 관통하는 이 파장의 세기이고 이로써 세기 최대값은 물체 상에 포커싱되는 파장에 대응한다. 이것은 초점 위치들과 관련하여 물체의 표면의 위치에 대하여 결론을 도출하는 것을 가능하게 한다.
- [0040] 본 발명의 바람직한 일 실시예에 있어서, 제1 공초점 다이어프램 및 제2 공초점 다이어프램 모두는 오리피스 다이어프램들이다. 즉, 이들은 작은 단면을 갖는 원형 개구부를 가진다. 좋은 측면 분해능을 보장하기 위해, 지름은 바람직하게 100 μm 보다 작다. 지름은 특히 바람직하게 50 μm 보다 작다. 이것은 물체의 표면 상의 단 하나의 점에서의 측정으로 귀결된다.
- [0041] 본 발명의 다른 일 실시예에 있어서, 제1 공초점 다이어프램 및 제2 공초점 다이어프램 모두는 오리피스 다이어프램들이다. 즉, 이들은 슬롯-유사 개구부를 가진다. 이 실시예에 있어서 초점들이 아닌, 초점 선들은 서로 다른 위치들에 형성된다. 하나의 라인 세그먼트를 따라서가 아니라, 이들은 영역 세그먼트 상에 놓이고 슬릿 다이어프램의 긴 모서리에 대응하는 하나의 차원(dimension) 및 상기에서 설명된 라인 세그먼트의 모든 특성들을 가지는 다른 하나의 차원을 가진다. 초점들 및 라인 세그먼트와 관련하여 설명된 모든 특성들은 초점 선들 및 영역 세그먼트에 동일하게 적용가능하다. 광학 조명/촬상 시스템은 서로 다른 파장들의 초점 선들이 서로 다른 위치들에 형성되도록 설계되고, 이 위치들은 제1 렌즈 시스템의 대칭축에 예각을 형성하는 영역 세그먼트를 따라 배치된다. 측정 장치는 영역 세그먼트와 교차하는 물체를 측정하도록 설계된다. 광학 검출/촬상 시스템은 제2 공초점 다이어프램 상의 모든 파장들의 초점 선들을 촬상하도록 구성된다.
- [0042] 슬릿 다이어프램들은 제1 공초점 다이어프램이 제2 공초점 다이어프램 상에 촬상되도록 방향지어진다. 슬릿 다이어프램들은 슬릿의 더 긴 차원에 직각인 제1 스플리팅 광학 요소에 의해 스플리팅이 수행되도록 유리하게 방향지어진다.
- [0043] 이 배치의 측면 분해능(즉, 높이 측정에 대해 직각 방향들로)은 초점 선들의 영역에만 촬상되기 때문에 단독으

로 사용되는 대물렌즈들(광학 조명/촬상 시스템 및 광학 검출/촬상 시스템)의 분해능에 의해 좌우된다. 개별 화소들 사이의 혼선(cross-talk)의 문제는 없다.

[0044] 행으로 배치되는 오리피스 개구부들은 이 실시예의 변형으로 간주될 수 있다.

[0045] 본 발명의 바람직한 일 실시예에 있어서, 검출기는 공간적으로 분해되는 방식으로 제2 공초점 다이어프램을 관통하는 세기를 측정하는 센서를 포함한다. 이 실시예에 있어서 검출기 내부에서의 스펙트럼 스플리팅이 없고 이로써 전체 세기의 이미지가 제2 공초점 다이어프램의 위치에서 획득되는 것이 특히 바람직하다. 물체의 표면의 이미지는 이로써 색 분기(chromatic splitting)로 인해 초점의 증가된 깊이로 획득된다. 이에 더하여, 센서는 또한 입사광 위치를 공간적으로 분해하도록 구성되는 것이 유리하다. 진행 시 입사 광의 세기들은 예를 들어, 복수의 개별 화소들에 의해 수 개의 위치들에서 결정된다. 이 방식으로 적어도 하나의 차원을 따르는 입사 광의 공간 분해가 가능하고, 공간적으로 분해되는 차원은 바람직하게 슬릿 다이어프램의 더 긴 모서리에 대응한다.

[0046] 행렬 검출기들, 즉 2차원으로 입사 광의 분해를 허용하는 센서들이 바람직하게 사용된다.

[0047] 본 발명의 다른 바람직한 일 실시예에 있어서, 검출기는 제1 검출기 파트로 광의 제1 부분을 그리고 제2 검출기 파트로 광의 제2 부분을 안내하는 빔 스플리터를 포함한다. 특히 바람직하게, 광은 스펙트럼으로 분기되어 제1 검출기 파트 내에서는 최대 세기의 파장이 결정되는 한편 제2 검출기 파트 내에서는 스펙트럼 스플리팅이 위치를 차지하지 않고 전체 세기 이미지가 생성된다. 제2 검출기 파트에 의해 획득되는 전체 세기 이미지 및 제1 검출기 파트에 의해 동일한 측정 범위에 대하여 동일 시간에 획득되는 높이 데이터가 결합된다. 예를 들어, 디스플레이 장치를 이용해 중첩되어 표시된다. 높이 데이터 및 그 높이에 직각인 평면에서 더 정확하게 분해되는 전체 세기 이미지 모두를 평가 및 출력하는 것이 특히 바람직하게 가능하다.

[0048] 슬릿 다이어프램이 핀홀 다이어프램의 그리드와 비교하여 보여주는 장점들을 이용하기 위해, 측정 물체에 의해 반사되는 광은 바람직하게 측정 물체와 검출기 사이 자유 공간 광학계(free space optics)에 의해 전파된다. 또한 광은 자유 공간 광학계에 의해 광원으로부터 측정 물체로 전파되는 것이 바람직하다. 이것은 측정 장치가 더 강건한 구조일 수 있고 또한 구축하는 데 비용이 덜 들 뿐만 아니라 온도에 대체로 독립적인, 추가된 장점을 가진다.

[0049] 본 발명의 바람직한 일 실시예에 따르면, 빔 스플리터는 특히 바람직하게 그 사이에서 이어지는 빔 스플리터 표면을 갖는 2 개의 상호연결된 프리즘들을 포함하는 큐브 빔 스플리터이다.

[0050] 측정될 물체 및 측정 장치는 서로에 대하여, 바람직하게 2 또는 3 차원으로, 이동되는 것이 유리할 수 있다. 이 이동은 바람직하게 자동적이다. 따라서 복수의 점들을 측정하기 위해 물체를 스캔하는 것이 가능하다.

도면의 간단한 설명

[0051] 본 발명의 유리한 예시적인 실시예들이 도면들을 참조하여 이하에서 설명된다.

도 1은 크로마틱 공초점 측정 장치의 예시적인 일 실시예의 개략도이다.

도 2는 종래 기술로부터 알려진 측정 장치의 광학 조명/촬상 시스템을 보여준다.

도 3a는 본 발명의 바람직한 일 실시예를 보여준다.

도 3b는 본 발명의 다른 바람직한 일 실시예를 보여준다.

도 4는 본 발명의 다른 바람직한 일 실시예를 보여준다.

도 5는 본 발명의 다른 바람직한 일 실시예를 보여준다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0052] 도 1은 크로마틱 공초점 측정 장치의 예시적인 일 실시예의 개략도이다.

[0053] 광원(1)은 복수의 파장들의 빔을 방출한다. 이것은 바람직하게 연속 스펙트럼을 방출하는데, 이것은 특히 바람직하게 가시광선 범위 내에 있다. 광원은, 예를 들어, LED 또는 할로젠 램프 또는 레이저-여기 인광(laser-excited phosphor)을 포함하는 광원 또는 초연속(supercontinuum) 광원이다.

[0054] 광은 제1 공초점 다이어프램(2)을 관통한다. 다이어프램은 바람직하게 작은지름을 갖는 원형인 개구부를 가진다

(오리피스 다이어프램). 또는, 다이어프램은 도면 평면으로 확장되는 슬롯을 갖는 슬롯-형태의 개구부를 가질 수 있다.

- [0055] 측정 장치의 광학 조명/촬상 시스템(BA)은 적어도 하나의 시준 렌즈(3), 제1 스플리팅 광학 요소(제1 프리즘 또는 제1 격자)(4) 및 적어도 하나의 제1 렌즈를 갖는 제1 렌즈 시스템(5)을 포함한다. 이 요소들은 서로로부터 공간적으로 분리되어 있다.
- [0056] 제1 렌즈 시스템(5)은 표시된 축상 색수차에 의해 결함이 생겨 유효 초점 거리($f(\lambda)$)는 서로 다른 파장들(λ)에 대하여 상당히 다르다. 여기서 유효 초점 거리는 전체 시스템의 초점 거리이다. 색수차가 정확하게 설정되도록 허용하기 때문에 단일 렌즈 대신 렌즈 시스템으로 순차적으로 복수의 렌즈들을 사용하는 것이 유리할 수 있다.
- [0057] 광학 조명/촬상 시스템(BA)는 제1 다이어프램(2)이 광학 조명/촬상 시스템을 관통하는 제1 파장의 광에 의해 초점(21)에 촬상되도록 야기시키는 한편, 이 동일한 다이어프램(2)은 다른 위치(22)에 광학 조명/촬상 시스템에 의해 다른 파장의 광에 의해 촬상된다. 본 발명에 따르면, 이 위치들은 라인 세그먼트를 따라 정렬된다. 여기서 라인 세그먼트는 제1 렌즈 시스템(5)의 대칭 축과 예각을 형성한다. 제1 렌즈 시스템(5)의 색수차가 없다면, 프리즘 또는 격자일 수 있는, 스플리팅 광학 요소(4)는 광학 축에 직각에서만 초점 위치들을 분기시킬 수 있기 때문에 라인 세그먼트는 대칭축에 거의 수직될 것이다.
- [0058] 슬롯-형태의 공초점 다이어프램(2)이 사용되면, 광학 조명/촬상 시스템(BA)은 제1 다이어프램(2)이 초점 선(21)에 촬상되도록 야기시키는데, 이 초점 선은 광학 조명/촬상 시스템을 관통하는, 제1 파장의 광에 의해, 지면 평면으로 연장된다. 이 동일한 다이어프램(2)은 광학 조명/촬상 시스템에 의해 다른 파장의 광에 의해 다른 초점 선(22) 상에 촬상된다. 본 발명에 따르면, 초점 선들은 영역 세그먼트를 따라 정렬된다. 영역 세그먼트는 한편으로 각각의 초점 선의 공간 확장에 의해 생성되고 다른 한편으로 다른 파장들에 대한 초점 선들의 서로 다른 위치들에 의해 생성된다. 여기서 영역 세그먼트는 제1 렌즈 시스템(5)의 대칭 축과 예각을 형성한다. 보다 상세하게, 영역 세그먼트는 라인 세그먼트들의 시리즈로 구성되는데, 그 각각은 슬롯 다이어프램의 한 점의 이미지에 대응한다. 이 라인 세그먼트들 각각은 제1 렌즈 시스템(5)의 대칭 축과 예각을 형성한다.
- [0059] 측정되는 물체(30)는 초점 위치들(21 및 22)의 영역(region) 내에, 즉 측정 장치의 측정 범위 내에, 배치된다. 물체(30)는 광의 적어도 일 부분을 반사시킨다. 입사 방향과는 다른 공간 방향으로부터 반사되는 광은 광학 검출/촬상 시스템(DA)에 의해 캡처된다. 광학 조명/촬상 시스템 및 광학 검출/촬상 시스템은 공간적으로 분리된 별도의 시스템들이다.
- [0060] 광학 검출/촬상 시스템은 바람직하게 제2 렌즈 시스템(6), 제2 스플리팅 광학 요소(제2 프리즘 또는 제2 격자)(7) 및 포커싱 렌즈(8)를 포함한다. 전체 광학 검출/촬상 시스템은 물체(30) 표면 상에 포커싱되었고 제2 다이어프램(9) 상으로 이에 의해 반사된 광을 촬상하도록 구성된다. 제2 다이어프램(9)은 제2 공초점 다이어프램으로 기능하고; 이것은 제1 다이어프램(2)과 공초점이다. 제2 다이어프램(9)을 관통하는 광은 검출기(10)에 의해 캡처된다.
- [0061] 도 2는 소위 웨도잉 효과를 강조하기 위한 종래 기술로부터 알려진 측정 장치의 일반적인 배치의 광학 조명/촬상 시스템을 보여준다. 이 배치에 있어서 광은 프리즘(204)에 의해 측면으로 편향되어 렌즈(205)에 의해 포커싱된다. 렌즈(205)는 색수차가 없거나 또는 거의 없고 그러므로 초점 위치들은 렌즈의 대칭축에 거의 수직하게 정렬된다. 측정 물체(30) 상의 입사 각(β)는 매우 작다.
- [0062] 도 2에 도시된 바와 같이, 이런 종류의 측정 기기에 대한 물체 상의 중심 파장의 표면으로의 중간 입사 각(mean angle of incidence)은

[0063]
$$\beta(\lambda_0) \approx \alpha(\lambda_0) \left(1 - \frac{L}{f}\right)$$

[0064] 으로 예측될 수 있다.

[0065] 여기서 $\alpha(\lambda_0)$ 는 분산 구성요소들에 의해 야기되는 중심 파장(λ_0)에 대한 회절 각이고, L 은 분산 구성요소들과 포커싱 요소 사이의 거리이고 f 는 포커싱 요소의 초점 거리이다.

[0066] 이것은 β 가 항상 α 보다 작고 또한 물체 상의 입사 각은 반드시 상대적으로 알다는 것을 의미한다.

[0067] 큰 각들 $\beta (>30^\circ)$ 을 달성하기 위해 입사 광 빔과 포커싱 렌즈의 광학 축 사이의 각(α)은 $>30^\circ$ 의 값들에 도달하여야 한다. 하지만, 이것은 실현가능하지 않는데, 이는 광학 촬상 품질은 초점의 심한 흐려짐(high blurring)과 결합되어 이러한 큰 틸트 각들에서 급격하게 손상되기 때문이고, 이것은 측정 장치의 측면 및 측상 분해 능력에 직접적으로 악영향을 미치게 된다.

[0068] 한편, 큰 각들(β)은, 얇은 입사 각이 종종 거친 물체들 상에 쉐도잉으로 이어지고 이로써 측정 품질을 손상시키기 때문에, 바람직하다. 이에 더하여, 이러한 구조는 클 필요가 있고 또한 측정 물체에 근접하게 위치되어야 한다.

[0069] 도 3a는 본 발명의 바람직한 일 실시예의 기하학적 파라미터들을 보여준다.

[0070] 여기서 $\alpha(\lambda)$ 는 제1 렌즈 시스템을 타격하는 빔과 제1 렌즈 시스템(5)의 대칭축(40) 사이의 각을 지시한다. 각($\alpha(\lambda)$)는 파장에 종속한다.

[0071] 도 3a에 도시된 예시적인 실시예에 있어서, 렌즈(3)의 대칭축은 또한 축(40)이고 대칭축(40)은 또한 다이어프램(2)의 개구부를 관통해 이어져서 각($\alpha(\lambda)$)은 동시에 제1 스플리팅 광학 요소의 파장-종속적인 편향 각에 대응한다. 프리즘의 경우에 있어서, 이것은 분산 각이고, 격자의 경우에 있어서 이것은 제1(또는 그 이상의) 양 또는 음의 회전 차수의 회절 각이다.

[0072] 파장-종속적인 제1 렌즈 시스템의 초점 거리는 ($f(\lambda)$)에 의해 지시된다.

[0073] 제1 렌즈 시스템(5)의 확장된 대칭 축(40)과 파장(λ)의 초점 사이의 거리(H)는

[0074]
$$H(\lambda) \approx f(\lambda) * \tan(\alpha(\lambda))$$

[0075] 로 계산된다.

[0076] 초점들이 라인 세그먼트 상에 배치되기 위해, 제1 렌즈 시스템(5)의 파장-종속적인 초점 거리($f(\lambda)$)는 라인 세그먼트의 피치(c)와 오프셋(f_0)을 고려하는 조건이 있어야 한다.

[0077]
$$H(\lambda) = c * f(\lambda) - f_0$$

[0078]
$$f(\lambda) * \tan(\alpha(\lambda)) = c * f(\lambda) - f_0$$

[0079]
$$f(\lambda) = \frac{f_0}{(c - \tan(\alpha(\lambda)))}$$

[0080] 이로써 초점 거리($f(\lambda)$)와 분산 각($\alpha(\lambda)$) 및 피치(c) 사이에 관계가 있다. 오프셋(f_0)은 광학 조명/촬상 시스템과 물체 사이의 작동 거리이다.

[0081] 대부분의 적용들에 있어서, 측정 범위, 그러므로 $H(\lambda)$ 는 중간 초점 거리와 비교하여 작다. 따라서 근사치

[0082]
$$H(\lambda) \approx f_0 * \tan(\alpha(\lambda))$$

[0083] 를 적용하고

[0084]
$$f(\lambda) = \frac{f_0}{c} (1 + \tan(\alpha(\lambda))) \approx \frac{f_0}{c}$$

[0085] 를 획득하는 것이 가능하다.

[0086] 이것은 초점 위치들의 측상 이동과 측면 이동을 대략적으로 단절(disassociate)시킨다. 여기서 축(40)에 대한 측면 이동은 분산 각의 파장 종속성으로부터 결정되는 한편, 축(40)의 측상 이동은 제1 렌즈 시스템(5)의 초점 거리의 파장 종속성으로부터 결정된다.

- [0087] 초점 위치들의 정렬의 선형성은 이로써 분산 각이 파장에 거의 비례한다는, 즉 선형적이라는:
- [0088] $\alpha(\lambda) = c_1\lambda$
- [0089] 그리고 제1 렌즈 시스템(5)의 초점 거리의 파장 종속성($f(\lambda)$) 또한 거의 선형적이라는 가정에서 생성된다.
- [0090] 피치는 물체 상에 입사 각(β)에 직접적으로 영향을 미친다.
- [0091] $\beta(\lambda) = 90^\circ - \text{atan}(c) + \alpha(\lambda)$
- [0092] 제1 렌즈 시스템(5)은 사용되는 프리즘 또는 격자(4)에 의해 미리 결정되는 편향 각($\alpha(\lambda)$)(분산 각 또는 회절 각)이 고려되고 또한 원하는 중심 파장(β_0)의 입사 각이 달성되도록 유리하게 설계된다.
- [0093] 이것은 제1 렌즈 시스템의 유효 색수차의 적절한 선택에 의해 추가적인 자유도가 도입되는데, 이것은 차례로 입사 각의 선택을 허용함을 의미한다.
- [0094] 달리 말하면, 고정된 작업 거리(f_0) 및 미리 결정된 측정 범위($H(\lambda)$)를 가지고, 편향 각($\alpha(\lambda)$)이 설정된다. 중심 파장의 입사 각(β_0) 또한 그 후 측정 색수차($f(\lambda)$)의 자유도를 이용해 독립적인 값으로 설정될 수 있다.
- [0095] 중심 파장의 선택된 입사 각(β_0)은 30° 와 60° 사이인 것이 유리한데, 이것이 물체 상의 불규칙성으로 인한 소정의 왜곡을 허용하기 때문이다. 이 각도는 측정 물체의 예상되는 거칠기(roughness)에 종속하여 선택되는 것이 유리하다.
- [0096] 본 발명의 바람직한 다른 예시적인 일 실시예에 있어서, 이는 도 3b에 도시되어 있는데, 제1 렌즈 시스템(5)은 렌즈(3) 및 스플리팅 광학 요소(4)를 향해 경사지게 배치된다. 모든 각과 관련되는, 대칭 축(40) 또한 제1 렌즈 시스템의 대칭 축(40)으로 지시되어 있고, 렌즈(3) 및 제1 다이어프램(2)은 이와 관련하여 경사지고 중심에서 벗어나서 배치되어 있다.
- [0097] 요소들은 서로 관련하여 경사지게 배치되어 중심 파장이 제1 렌즈 시스템(5)의 대칭 축(40)을 따라 타격하도록 하는 것이 특히 바람직하다($\alpha(\lambda_0) = 0$). 이것은 더 큰 각 및/또는 중심이탈 입사에 비해 더 적은 활상 오류들의 결과로 귀결된다.
- [0098] 관계 $f(\lambda) = \frac{f_0}{(c - \tan(\alpha(\lambda)))}$ 또는 $f(\lambda) \approx \frac{f_0}{c}$ 가 이어서 적용된다. 하지만, 이제, $\alpha(\lambda)$ 는 제1 스플리팅 광학 요소(4)의 편향 각은 아니지만, 제1 스플리팅 광학 요소(4)와 렌즈 시스템(5) 사이의 상대적인 입사 각에 의해 감소되었다. 제1 스플리팅 광학 요소(4)의 편향 각은 도 3b에 $\vartheta(\lambda)$ 로서 지시된다. $\alpha(\lambda) = \vartheta(\lambda) - \vartheta_0$. ϑ_0 는 특히 바람직하게 중심 파장의 편향 각이다.
- [0099] 도 4는 본 발명의 예시적인 일 실시예를 보여준다.
- [0100] 이것은 도 1과 관련하여 설명된 바와 같은 크로마틱 측정 장치의 요소들을 보여주는데, 제1 스플리팅 광학 요소(4)가 제1 프리즘의 형태를 갖고 있고 제2 스플리팅 광학 요소(7) 또한 프리즘으로 설계되어 있다.
- [0101] 제1 렌즈 시스템(5)은 3 개의 연속하는 렌즈들(51, 52, 및 53)의 그룹으로 구성된다. 중간 렌즈(52)는 아베수 $v_d < 40$ 를 가진다. 다른 렌즈들(51, 53)은 활상(imaging)을 교정하도록 기능한다.
- [0102] 제2 렌즈 시스템(6) 또한 3 개의 연속하는 렌즈들(61, 62 및 63)로 구성되는데, 이것은 제1 렌즈 시스템(5)의 렌즈들에 대응한다.
- [0103] 제2 공초점 다이어프램(9)이 빔들을 시준하는 제1 검출기 렌즈에 이어서 나오는데, 이 빔들은 그 후 스펙트럼으로 분기된다. 이것은 회절 격자(101), 빔들을 포커싱하는, 제2 검출기 렌즈(102), 및 센서(103)로 구성되는 분광기에 의해 달성되는데, 이 센서는 라인 센서로서 설계되고 스펙트럼으로 분기된 광의 세기들을 획득한다.
- [0104] 본 발명의 바람직한 다른 일 실시예에 있어서, 분광기의 회절 격자는 프리즘에 의해 재위치된다(프리즘 분광

기). 격자들이 제1 스플리팅 요소 및 제2 스플리팅 요소로 사용될 때 격자가 분광기에 삽입되는 한편, 프리즘들이 제1 스플리팅 요소 및 제2 스플리팅 요소로 사용되는 프리즘 분광기를 사용할 때 유리한 것으로 이해되어야 한다. 이것은 분광기 화소들과 높이 값 사이의 관계가 선형적(linear)이라는 장점을 가진다. 프리즘 분광기와 회절 분광기 사이에서의 선택은 분광기를 포함하는 모든 실시예들에 대해서 가능하다.

- [0105] 도 5는 본 발명의 다른 일 실시예를 보여준다. 도 5에 도시된 개별 구성요소들(components)은 교환될 수 있고 또한 도 4에 도시된 대응하는 구성요소들로 자유로이 결합될 수 있다.
- [0106] 도 4와 대조적으로, 여기서 제1 및 제2 렌즈 시스템들 각각은 2 개의 렌즈들(51 및 52, 및 61 및 62)을 포함한다.
- [0107] 여기서, 소위 회절 격자(101), 렌즈(102) 및 센서(103)인, 분광기 구성요소들에 더하여, 검출기(10)는 큐브 빔 스플리터(105)를 더 포함하는데, 이것은 광을 분기시킨다. 제1 부분은 분광기로 안내되고 그 세기는 파장에 종속하여 결정되고, 제2 부분은 이미지 센서(104)로 안내되는데, 이것은 스펙트럼 범위들로 분기하지 않고 전체 세기 이미지로 기록한다.
- [0108] 제1 공초점 다이어프램(2) 및 제2 공초점 다이어프램(9)은 슬롯 다이어프램들로서 설계되는 것이 바람직하는데, 이들의 더 긴 차원(dimension)은 도면 평면을 향해 방향지어져 있다. 이것은 복수의 화소들을 동시에 획득하여 이로써 한번의 스캔으로 더 빠르게 큰 이미지 영역을 획득하는 것을 가능하게 해준다. 이미지 센서(104)는 슬롯을 따라 전체 세기 값들을 기록하는 것을 가능하게 해준다. 스캔이 수행되면, 기록되는 전체 세기 값들은 개선된 초점 깊이와 함께 표면의 이미지를 형성하도록 결합될 수 있다.
- [0109] 본 측정 장치의 가능한 실시예들의 예들은 이하에서 상세화된다.
- [0110] 예들:
- [0111] 1. 이하를 포함하는 크로마틱 공초점 측정 장치
- [0112] - 특히 연속 스펙트럼으로, 복수의 파장들의 광을 방출하는 광원(1), 및
- [0113] - 광원(1)으로부터의 광이 관통하는 제1 공초점 다이어프램(2).
- [0114] 2. 적어도 하나의 제1 스플리팅 광학 요소(4)를 포함하는 광학 조명/촬상 시스템(BA)을 더 포함하는, 이전 예에 따른 측정 장치.
- [0115] 3. 광학 요소는 프리즘 또는 격자 형태를 갖는, 이전 예 3에 따른 측정 장치.
- [0116] 4. 제1 스플리팅 광학 요소(4)에 진입하는 광이 시준되는, 이전 예들 2, 또는 3 중 어느 하나에 따른 측정 장치.
- [0117] 5. 광학 조명/촬상 시스템(BA)이 적어도 하나의 제1 렌즈를 갖는 제1 렌즈 시스템(5)을 더 포함하는, 이전 예들 2 내지 4 중 어느 하나에 따른 측정 장치.
- [0118] 6. 제1 렌즈 시스템(5)이 제1 스플리팅 광학 요소(4)로부터 공간적으로 분리되어 있는, 이전 예 5에 따른 측정 장치.
- [0119] 7. 제1 렌즈 시스템(5)의 유효 초점 거리($f(\lambda)$)가 서로 다른 파장들(λ)에 대하여 상당히 다른, 이전 예들 5 또는 6 중 어느 하나에 따른 측정 장치.
- [0120] 8. 광학 조명/촬상 시스템(BA)이 서로 다른 파장들의 초점들을 서로 다른 위치들에 형성하도록 설계되는, 이전 예들 2 내지 7 중 어느 하나에 따른 측정 장치.
- [0121] 9. 그 위치들이 제1 렌즈 시스템(5)의 대칭 축(40)에 예각을 형성하는 라인 세그먼트(41)를 따라 배치되는, 이전 예 8에 따른 측정 장치.
- [0122] 10. 측정 장치는 라인 세그먼트(41)와 교차하고 광의 적어도 일 부분을 반사시키는 물체(30)를 측정하도록 구성되는, 이전 예 9에 따른 측정 장치.
- [0123] 11. 측정 장치는 광학 조명/촬상 시스템(BA)으로부터 공간적으로 분리되어 있는 광학 검출/촬상 시스템(DA)을 포함하는, 이전 예들 중 어느 하나를 따른 측정 장치.
- [0124] 12. 광학 검출/촬상 시스템(DA)이 조명 광이 물체를 타격하는 방향과는 다른 방향에서만 물체(30)에 의해 반사

된 광을 수신하도록 구성되는, 이전 예 11에 따른 측정 장치.

- [0125] 13. 광학 검출/촬상 시스템(DA)이 제2 공초점 다이어프램(9) 상에 모든 파장들의 초점들을 촬상하도록 구성되는, 이전 예들 11 또는 12 중 어느 하나에 따른 측정 장치.
- [0126] 14. 측정 장치는 제2 다이어프램(9)을 관통하는 광의 세기를 기록하도록 구성되는 검출기(10)를 포함하는, 이전 예 13에 따른 측정 장치.
- [0127] 15. 이하를 포함하는 물체를 측정하기 위한 측정 장치
- [0128] - 복수의 파장들을 갖는 광을 생성하기 위한 광원(1),
- [0129] - 서로 다른 파장들을 갖는 광 빔들을 측정 세그먼트(41)를 따라 측정 범위 내 서로 다른 포커싱 위치들에 포커싱될 수 있도록 설계되는 광학 조명/촬상 시스템(BA), 및
- [0130] - 조명 광이 물체를 타격하는 방향과는 다른 방향으로부터 측정 범위와 중첩되는, 측정되는 물체(30)의 표면 영역으로부터 반사되는 광을 획득하도록 설계되는 광학 조명/촬상 시스템(BA)으로부터 공간적으로 분리되어 있는 광학 검출/촬상 시스템(DA).
- [0131] 16. 광학 조명/촬상 시스템(DA)은 이하를 포함하는, 이전 예 15에 따른 측정 장치
- [0132] - 광원(1)의 하류에 연결되는 제1 공초점 다이어프램(2),
- [0133] - 제1 스플리팅 광학 요소(4)에 진입하는 광을 색 분기시키기 위한 제1 스플리팅 광학 요소(4), 및
- [0134] - 스플리팅 광학 요소(4)로부터 공간적으로 분리되어 있는 파장-종속적인 유효 초점 거리($f(\lambda)$)를 갖는 제1 렌즈 시스템(5).
- [0135] 17. 광학 검출/촬상 시스템(DA)이 제2 공초점 다이어프램(9) 상에 서로 다른 파장들의 포커싱 위치들을 촬상하도록 구성되는, 이전 예들 15 또는 16 중 어느 하나에 따른 측정 장치.
- [0136] 18. 측정 장치가 제2 다이어프램(9)을 관통하는 광의 세기를 획득하도록 구성되는 제2 공초점 다이어프램(9)의 하류에 연결되는 검출기(10)를 포함하는, 이전 예들 15 내지 17 중 어느 하나에 따른 측정 장치.
- [0137] 19. 제1 렌즈 시스템들의 광학 축 또는 대칭 축과 관련하여 서로 다른 파장들에 대한 포커싱 위치들의 측면 이동 및 축상 이동을 이용해 측정 세그먼트를 정의하는 것이 가능한, 이전 예들 15 내지 18 중 어느 하나에 따른 측정 장치.
- [0138] 20. 이하를 포함하는 물체를 측정하기 위한 측정 장치
- [0139] - 복수의 파장들을 갖는 광을 생성하기 위한 광원(1),
- [0140] - 이하를 포함하는 광학 조명/촬상 시스템(BA):
- [0141] - 광원(1)의 하류에 연결되는 제1 공초점 다이어프램(2),
- [0142] - 제1 스플리팅 광학 요소에 진입하는 광을 색 분기시키기 위한 제1 스플리팅 광학 요소(4),
- [0143] - 스플리팅 광학 요소(4)로부터 공간적으로 분리되어 있는, 파장에 종속하는 유효 초점 거리($f(\lambda)$)를 갖는 제1 렌즈 시스템(5), 광학 조명/촬상 시스템(BA)은 서로 다른 파장들을 갖는 광 빔들이 측정 세그먼트(41)를 따라 측정 범위 내 서로 다른 포커싱 위치들에 포커싱될 수 있도록 설계되고, 및
- [0144] - 조명 광이 물체를 타격하는 방향과는 다른 방향으로부터 측정 범위와 중첩되는, 측정되는 물체(30)의 표면 영역으로부터 반사되는 광을 획득하도록 설계되는 광학 조명/촬상 시스템(BA)으로부터 공간적으로 분리되어 있는 광학 검출/촬상 시스템(DA), 이 광학 검출/촬상 시스템(DA)은 제2 공초점 다이어프램(9) 상에 다른 파장들의 포커싱 위치들을 촬상하도록 구성되고 또한 이 측정 장치는 제2 다이어프램(9)을 관통하는 광의 세기를 획득하도록 구성되는, 제2 다이어프램(9)의 하류에 연결되는 검출기(10)를 포함하고, 제1 렌즈 시스템의 광학 축 또는 대칭 축과 관련하여 서로 다른 파장들에 대하여 포커싱 위치들의 축상 이동 및 측면 이동을 이용해 측정 세그먼트(41)를 정의하는 것이 가능한 것을 특징으로 함.
- [0145] 21. 광학 조명/촬상 시스템(BA)이 포커싱 위치들의 축상 이동 및 측면 이동이 제1 렌즈 시스템 측정 세그먼트(41)의 대칭 축에 예각을 형성하는 직선 측정 세그먼트(41)를 형성하도록 조정될 수 있도록 설계되는, 이전 예

들 중 어느 하나에 따른 측정 장치.

- [0146] 22. 포커싱 위치들의 축상 이동과 측면 이동이 서로 필수적으로 단절되어 있거나 또는 조정가능하게 독립적인, 이전 예들 중 어느 하나에 따른 측정 장치.
- [0147] 23. 제1 스플리팅 요소(4)에 의해 야기되는 스플리팅을 역전시키기 위해 광학 검출/촬상 시스템(DA)이 제2 렌즈 시스템(6) 및 제2 스플리팅 광학 요소(7)를 포함하는, 이전 예들 중 어느 하나에 따른 측정 장치.
- [0148] 24. 제2 스플리팅 광학 요소(7)가 제1 스플리팅 광학 요소(4)와 구조에 있어서 동일하고 또한 제2 렌즈 시스템(6)은 제1 렌즈 시스템(5)과 구조에 있어서 동일한 것을 특징으로 하는, 예 23에 따른 측정 장치.
- [0149] 25. 광학 검출/촬상 시스템(DA)이 광학 검출/촬상 시스템(DA)의 빔 경로가 역순으로 광학 조명/촬상 시스템(BA)의 빔 경로와 필수적으로 동일하도록 설계되는, 예 23 또는 24에 따른 측정 장치.
- [0150] 26. 광원(1)의 최소 파장에 대한 제1 렌즈 시스템(5)의 유효 초점 거리는 광원(1)의 최대 파장에 대한 제1 렌즈 시스템의 초점 거리와 δf 정도 만큼 다르고, δf 와 중간 파장(f_0)에 대한 제1 렌즈 시스템(5)의 초점 거리의 뒀은 5% 이상인 것을 특징으로 하는, 이전 예들 중 어느 하나에 따른 측정 장치.
- [0151] 27. 포커싱 위치들의 축상 이동은 포커싱 위치들의 측면 스플리팅의 적어도 0.1 배인 것을 특징으로 하는, 이전 예들 중 어느 하나에 따른 측정 장치.
- [0152] 28. 제1 렌즈 시스템(5)은 40보다 작은 아베수를 갖는 적어도 하나의 렌즈를 포함하는 것을 특징으로 하는, 이전 예들 중 어느 하나에 따른 측정 장치.
- [0153] 29. 측정 세그먼트(41)는 제1 렌즈 시스템(5)의 대칭축(40)에 60° 보다 작거나 및/또는 30° 보다 큰, 특히 45° 와 같은 각을 가지는 것을 특징으로 하는, 이전 예들 중 어느 하나에 따른 측정 장치.
- [0154] 30. 광학 조명/촬상 시스템(BA)은 스플리팅 광학 요소(4)에 진입하는 광을 시준하기 위해 제1 다이어프램의 하류에 연결되는 시준 렌즈를 가지는 것을 특징으로 하는, 이전 예들 중 어느 하나에 따른 측정 장치.
- [0155] 31. 시준 광학계는 수색성 렌즈를 포함하는, 예 29에 따른 측정 장치.
- [0156] 32. 제1 스플리팅 광학 요소(4)는 격자를 포함하고 또한 제1 렌즈 시스템(5)은 적어도 하나의 회절 렌즈를 포함하는 것을 특징으로 하는, 이전 예들 중 어느 하나에 따른 측정 장치.
- [0157] 33. 제1 스플리팅 광학 요소(4)는 프리즘을 포함하고 또한 제1 렌즈 시스템(5)은 적어도 하나의 분산 렌즈를 포함하는 것을 특징으로 하는, 이전 예들 1 내지 31 중 어느 하나에 따른 측정 장치.
- [0158] 34. 제1 렌즈 시스템(5)은 제1 스플리팅 광학 요소(4)를 향해 경사져 배치되고, 특히 이로써 중간 파장은 제1 렌즈 시스템(5)의 대칭축(40)에 평행한 제1 렌즈 시스템(5)을 타격하게 되는 것을 특징으로 하는, 이전 예들 중 어느 하나에 따른 측정 장치.
- [0159] 35. 제1 공초점 다이어프램(2)은 슬릿 다이어프램이고, 포커싱 위치들은 초점 선들의 형태를 가지고, 측정 세그먼트는 영역 세그먼트의 형태를 가지고 초점 선들은 영역 세그먼트를 따라 배치되는 것을 특징으로 하는, 이전 예들 중 어느 하나에 따른 측정 장치.
- [0160] 36. 검출기(10)는 분광기를 포함하고 또한 파장들의 세기 최대값들을 결정하고 또한 이들로부터 물체의 거리 값을 계산하도록 구성되는 것을 특징으로 하는, 이전 예들 중 어느 하나에 따른 측정 장치.

부호의 설명

- [0161] 1: 광원 2: 제1 공초점 다이어프램
- 3: 시준 렌즈
- 4: 제1 스플리팅 광학 요소, 제1 프리즘 또는 제1 격자
- 5: 제1 렌즈 시스템 6: 제2 렌즈 시스템
- 7: 제2 스플리팅 광학 요소, 제2 프리즘 또는 제2 격자
- 8: 포커싱 렌즈 9: 제2 공초점 다이어프램

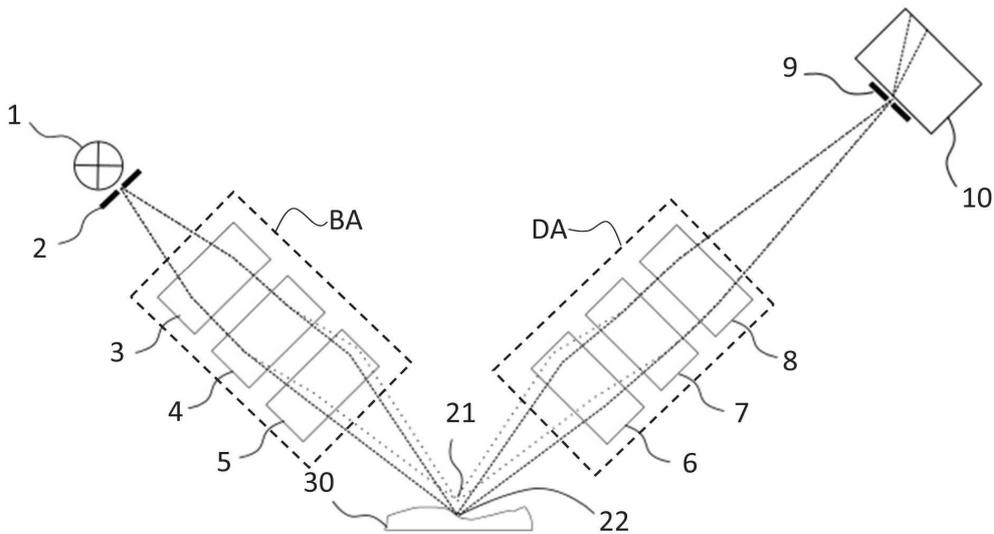
- 10: 검출기 11: 제1 검출기 렌즈
- 21: 제2 초점 22: 제2 초점
- 30: 물체 40: 제1 렌즈 시스템의 대칭 축
- 41: 라인 세그먼트 51: 제1 렌즈 시스템의 제1 렌즈
- 52: 제1 렌즈 시스템의 제2 렌즈 53: 제1 렌즈 시스템의 제3 렌즈
- 61: 제2 렌즈 시스템의 제1 렌즈 62: 제2 렌즈 시스템의 제2 렌즈
- 63: 제2 렌즈 시스템의 제3 렌즈 101: 분광기 격자
- 102: 제2 검출기 렌즈 103: 센서
- 104: 이미지 센서 105: 빔 스플리터
- BA: 광학 조명/촬상 시스템 DA: 광학 검출/촬상 시스템

α : 분산 각 β : 입사 각

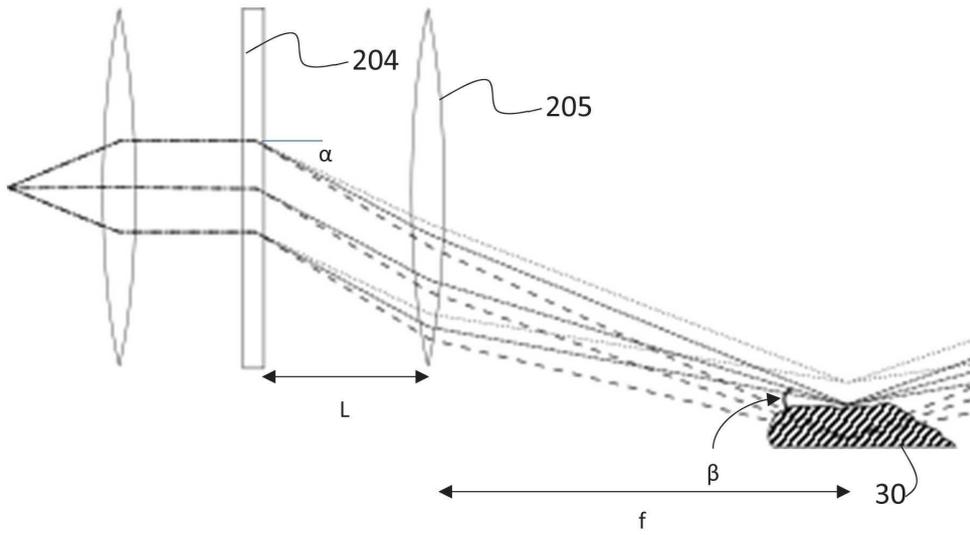
$f(\lambda)$: 제1 렌즈 시스템의 초점 거리

도면

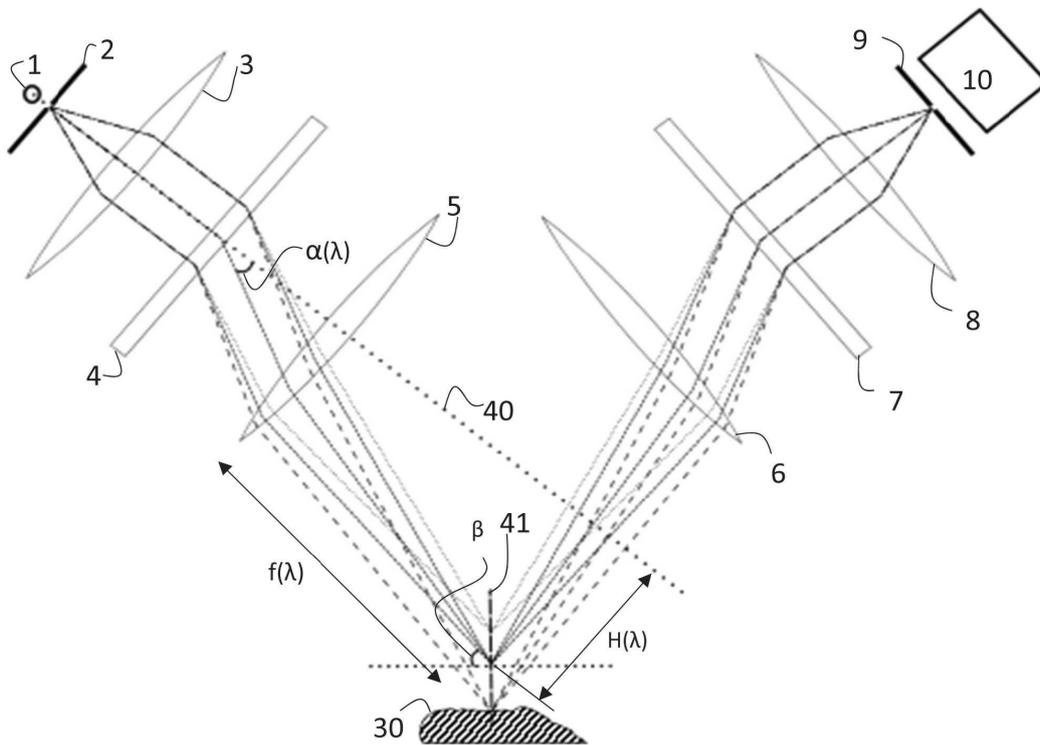
도면1



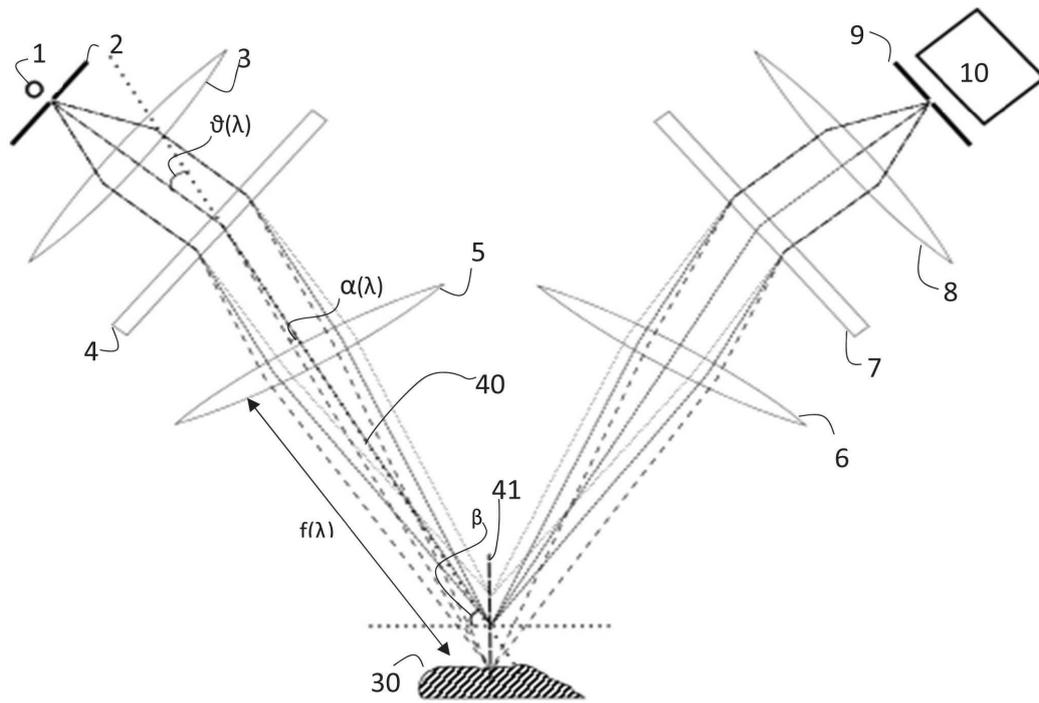
도면2



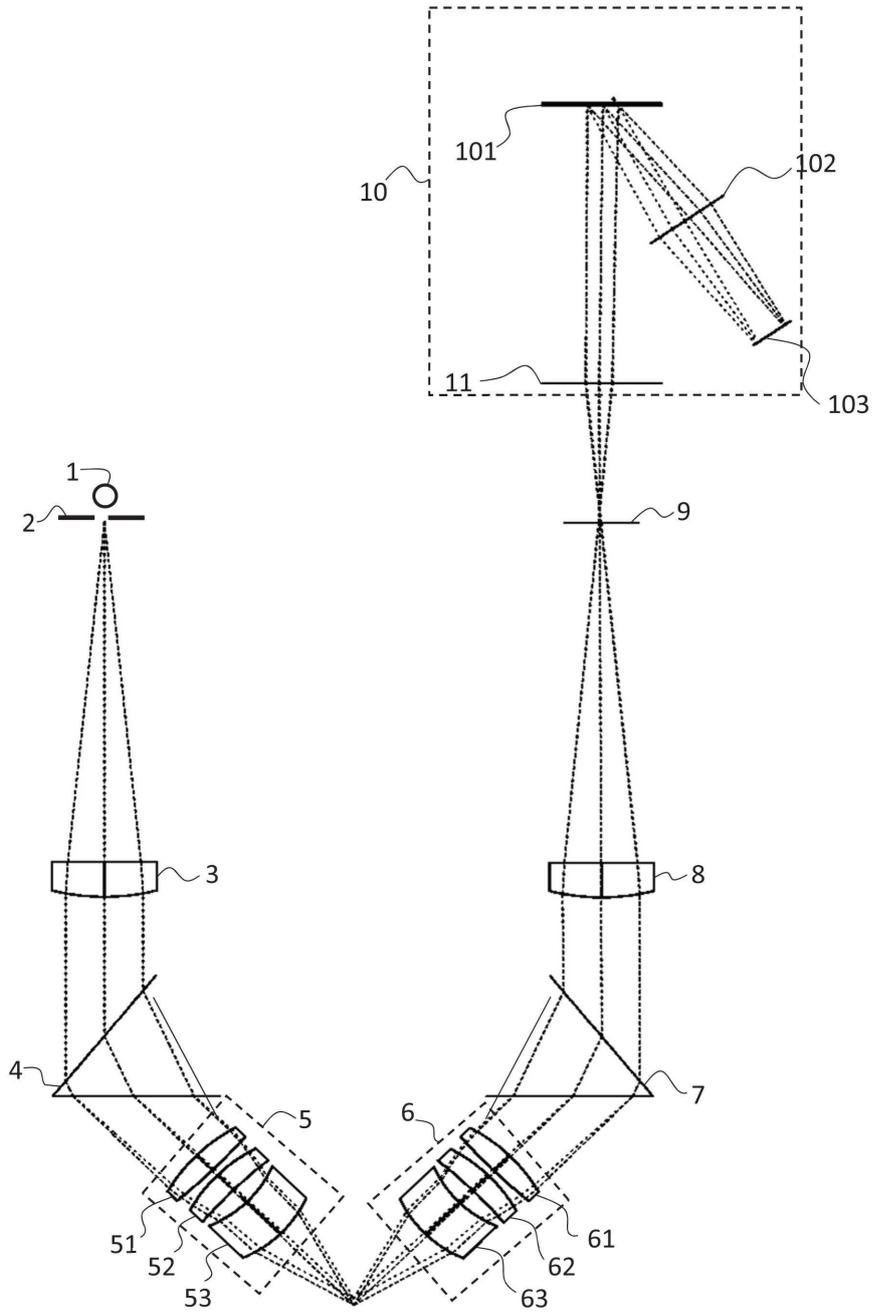
도면3a



도면 3b



도면4



도면5

