



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2020-0128580  
(43) 공개일자 2020년11월13일

- |  |  |
|--|--|
| <p>(51) 국제특허분류(Int. Cl.)<br/><b>G01J 3/453</b> (2006.01)</p> <p>(52) CPC특허분류<br/><b>G01J 3/4535</b> (2013.01)<br/><b>G01N 2021/3595</b> (2013.01)</p> <p>(21) 출원번호 <b>10-2020-7030460</b></p> <p>(22) 출원일자(국제) <b>2019년04월18일</b><br/>심사청구일자 <b>2020년10월26일</b></p> <p>(85) 번역문제출일자 <b>2020년10월22일</b></p> <p>(86) 국제출원번호 <b>PCT/EP2019/060049</b></p> <p>(87) 국제공개번호 <b>WO 2019/206793</b><br/>국제공개일자 <b>2019년10월31일</b></p> <p>(30) 우선권주장<br/>10 2018 206 519.5 2018년04월26일 독일(DE)</p> | <p>(71) 출원인<br/><b>브루커 옵틱 게엠베하</b><br/>독일 76275 에틀링겐 루돌프-플랑크-슈트라쎬 27</p> <p>(72) 발명자<br/><b>킨스 악셀</b><br/>독일 76228 카를스루에 오브 테어 아이히헬덴 6</p> <p>(74) 대리인<br/><b>김태홍, 김진희</b></p> |
|--|--|

전체 청구항 수 : 총 15 항

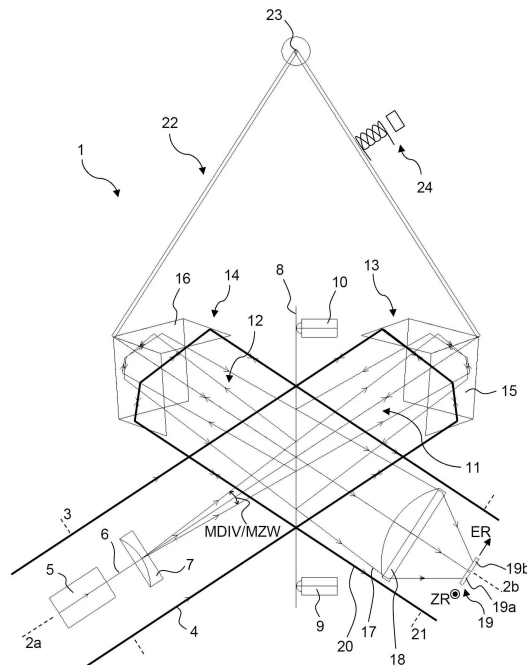
(54) 발명의 명칭 **능동적 재조정 기능을 갖는 역간섭계**

**(57) 요약**

본 발명은 간섭계 조립체(1)에 관한 것으로서, 유용한 광을 위한 입력부(3), 빔 스플리터(8), 2개의 간섭계 아암(13, 14)을 확립하기 위한 2개의 역반사기(15, 16), 간섭계 아암(13, 14) 사이의 광 경로차를 변경하기 위해 역반사기(15, 16) 중 적어도 하나를 이동시키기 위한 드라이브(24), 간섭성 참조 광을 위한 참조 광원(5), 유용한

(뒷면에 계속)

**대표도** - 도1



광을 위한 출력부(21), 및 참조 광 검출기(19)를 포함하고,

상기 간섭계 조립체는 참조 광 검출기(19)가 적어도 3개의 검출기 면(19a-19d)을 포함하고, 제1 쌍의 검출기 면들(19a, 19b)의 검출기 면들은 제1 방향(ER)으로 정렬되고, 제2 쌍의 검출기 면들(19a, 19c)의 검출기 면들은 제2 방향(ZR)으로 정렬되며, 제1 방향(ER), 제2 방향(ZR) 및 참조 광 검출기(19) 상의 참조 광(17)의 중심 전파 방향은 선형으로 독립적이며, 간섭계 조립체(1)는 또한 - 빔 스플리터(8)로부터의 참조 광(17)을 포커싱하기 위해, 빔 스플리터(8)와 참조 광 검출기(19) 사이에 배치되는 참조 광(17)을 위한 수집 요소(18), - 간섭계 아암(13, 14)으로부터 다시 반사되고 다시 빔 스플리터(8)에서 중첩되는 2개의 참조 광 부분 빔(11, 12) 사이의 측면 전단(lateral shearing)을 적어도 2개의 자유도에서 변경하기 위한 적어도 2개의 액추에이터(9, 10), 및 - 참조 광 검출기(19)의 검출기 면(19a-19d)에서의 신호(Sa-Sc)에 따라 액추에이터(9, 10)를 제어하기 위한 조절 전자 장치(38)를 포함하는 것을 특징으로 한다. 본 발명은 역반사기에 기초한 간섭계 조립체를 제공하며, 이러한 조립체에 의해 더 높은 정도의 평가 가능하고 더 안정된 유용한 광 강도가 보장될 수 있다.

---

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

- 유용한 광을 위한 입력부(3),
- 빔 스플리터(beam splitter)(8),
- 2개의 간섭계 아암(interferometer arms)(13, 14)을 확립하기 위한 2개의 역반사기(15, 16),
- 상기 간섭계 아암(13, 14) 사이의 광 경로차를 변경하기 위해, 상기 역반사기(15, 16) 중 적어도 하나를 이동시키기 위한 드라이브(24),
- 간섭성 참조 광, 특히 참조 레이저를 위한 참조 광원(5),
- 유용한 광을 위한 출력부(21), 및
- 참조 광 검출기(19)

를 포함하는 간섭계 조립체(1)에 있어서,

상기 참조 광 검출기(19)는 적어도 3개의 검출기 면(19a-19d)을 포함하고, 제1 쌍의 검출기 면들(19a, 19b)의 상기 검출기 면들은 제1 방향(ER)으로 정렬되고, 제2 쌍의 검출기 면들(19a, 19c)의 상기 검출기 면들은 제2 방향(ZR)으로 정렬되며, 상기 제1 방향(ER), 상기 제2 방향(ZR) 및 상기 참조 광 검출기(19)에서의 상기 참조 광(17)의 중심 전파 방향은 선형으로 독립적이고, 특히 서로 직교하며,

상기 간섭계 조립체(1)는

- 상기 빔 스플리터(8)로부터의 상기 참조 광(17)을 포커싱하기(focusing) 위해, 상기 빔 스플리터(8)와 상기 참조 광 검출기(19) 사이에 배치되는 참조 광(17)을 위한 수집 요소(18), 바람직하게는 집광 렌즈,
- 특히 상기 빔 스플리터(8) 상에 배치되거나 또는 상기 역반사기(15, 16) 중 적어도 하나 상에 배치되고, 상기 간섭계 아암(13, 14)으로부터 다시 반사되어 상기 빔 스플리터(8)에서 다시 중첩되는 2개의 참조 광 부분 빔(11, 12) 사이의 측면 전단(lateral shearing)을 적어도 2개의 자유도에서 변경하기 위한 적어도 2개의 액추에이터(9, 10), 및
- 상기 참조 광 검출기(19)의 상기 검출기 면(19a-19d) 상의 신호(Sa-Sc)에 따라 상기 액추에이터(9, 10)를 제어하기 위한 조절 전자 장치(38)

를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 간섭계 조립체.

#### 청구항 2

제1항에 있어서, 상기 간섭계 조립체(1)는 상기 참조 광원(5)으로부터 상기 빔 스플리터(8)에 도달하는 참조 광(6)이 상기 빔 스플리터(8)에서, 특히 상기 참조 광(6)의 최소 발산(MDIV) 또는 상기 참조 광(6)의 개별 부분 빔의 최소 사이각(MZW)에 의해 설정되는 최소 확산(MSP)을 갖도록 설정되며.

$MSP \geq 2 \text{ mrad}$ , 바람직하게는  $MSP \geq 5 \text{ mrad}$  이고,

특히 상기 조립체(1)는

- 상기 참조 광원(5)과 상기 빔 스플리터(8) 사이에 배치되는, 상기 참조 광(6)을 위한 발산 요소(7), 바람직하게는 발산 렌즈, 또는
- 고유 발산(DIV)  $\geq$  MSP을 갖는 참조 광원(5), 또는
- 상기 참조 광(6)을 위한 분할 요소, 바람직하게는 빔 스플리터, 및
- 웨지 플레이트 조립체(wedge plate assembly) - 상기 웨지 플레이트 조립체는 상기 참조 광(6)을 3개 또는 4개의 개별 부분 빔으로 분할시키고, 상기 3개 또는 4개의 개별 부분 빔은 쌍으로 상기 최소 사이각(MZW)을 포함

하고, 상기 참조 광 검출기(19)의 별도의 검출기 면들(19a-19d)에 충돌함 -  
 를 포함하는 것을 특징으로 하는 간접계 조립체.

**청구항 3**

제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 참조 광 검출기(19)는 사분면 다이오드, 특히 실리콘 사분면 다이오드를 포함하고, 바람직하게는, 상기 조절 전자 장치(38)에 의해 사용되는 각각의 검출기 면(19a-19d)에 대한 상기 사분면 다이오드의 다운스트림에는 전류-전압 변환기(44a-44c)가 연결되는 것을 특징으로 하는 간접계 조립체.

**청구항 4**

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 액추에이터(9, 10)에 의해, 상기 빔 스플리터(8)는 2개의 선형 독립 축(UA1, UA2), 특히 서로에 대해 그리고 상기 빔 스플리터(8)의 법선에 대해 직교하는 축(UA1, UA2)에 대해 기울어질 수 있는 것을 특징으로 하는 간접계 조립체.

**청구항 5**

제1항 내지 제4항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 액추에이터(9, 10)에 의해, 상기 역반사기(15, 16) 중 하나가 2개의 선형 독립 방향(R1, R2), 특히 서로에 대해 그리고 광축(2a, 2b)에 대해 직교하는 방향(R1, R2)을 따라 변위될 수 있는 것을 특징으로 하는 간접계 조립체.

**청구항 6**

간접계 조립체(1), 특히 제1항 내지 제5항 중 어느 한 항에 따른 간접계 조립체(1)를 작동하기 위한 방법으로서,

참조 광원(5)으로부터의 간접성 참조 광(6)은 빔 스플리터(8)에서 제1 역반사기(15)를 갖는 제1 간접계 아암(13) 및 제2 역반사기(16)를 갖는 제2 간접계 아암(14)으로 분할되고, 상기 2개의 간접계 아암(13, 14)으로부터의 상기 참조 광(5)은 상기 빔 스플리터(8)에서 다시 중첩되어 참조 광 검출기(19)에서 검출되며,

상기 역반사기(15, 16) 중 적어도 하나는 반복적인 이동 사이클로 이동되고, 이를 통해 상기 간접계 아암(13, 14)의 광 경로차가 변경되는, 상기 간접계 조립체(1)를 작동하기 위한 방법에 있어서,

상기 참조 광(17)은 특히 빔 스플리터(8)와 참조 광 검출기(19) 사이의 수집 요소(18)에 의해 상기 빔 스플리터(8) 이후에 포커싱되고,

상기 참조 광 검출기(19)는 적어도 3개의 검출기 면(19a-19d)을 포함하며, 제1 쌍의 검출기 면들(19a, 19b)의 상기 검출기 면들은 제1 방향(ER)으로 정렬되고, 제2 쌍의 검출기 면들(19a, 19c)의 상기 검출기 면들은 제2 방향(ZR)으로 정렬되며, 상기 제1 방향(ER), 상기 제2 방향(ZR) 및 상기 참조 광 검출기(19)에서의 상기 참조 광(17)의 중심 전파 방향은 선형으로 독립적이고, 특히 서로 직교하며,

적어도 상기 이동 사이클의 부분에서 각각

- 상기 제1 쌍의 검출기 면들(19a, 19b)에서 검출된 2개의 참조 광 성분 간의 제1 위상차(Phase x)가 결정되고,
- 상기 제2 쌍의 검출기 면들(19a, 19c)에서 검출된 2개의 참조 광 성분 간의 제2 위상차(Phase y)가 결정되며,

상기 간접계 아암(13, 14)으로부터 다시 반사되어 상기 빔 스플리터(8)에서 다시 중첩되는 2개의 참조 광 부분 빔(11, 12) 사이의 측면 전단을 변경하기 위한 적어도 2개의 액추에이터(9, 10)가 상기 2개의 위상차(Phase x, Phase y)에 따라 제조되고,

특히, 상기 2개의 위상차(Phase x, Phase y)는 복수의 이동 사이클에 걸쳐 본질적으로 일정하게 유지되는 것을 특징으로 하는 간접계 조립체를 작동하기 위한 방법.

**청구항 7**

제6항에 있어서, 상기 참조 광원(5)으로부터 상기 빔 스플리터(8)에 도달하는 상기 참조 광(6)은 상기 빔 스플리터(8)에서, 특히 상기 참조 광(6)의 최소 발산(MDIV) 또는 상기 참조 광(6)의 개별 부분 빔의 최소 사이각(MZW)에 의해 설정되는 최소 확산(MSP)을 가지며,

MSP  $\geq 2$  mrad, 바람직하게는 MSP  $\geq 5$  mrad 이고,

특히

- 상기 참조 광원(5)으로부터의 상기 참조 광(6)은 상기 참조 광원(5)과 상기 빔 스플리터(8) 사이의 발산 요소(7)에 의해 더 큰 발산으로 확장되고, 또는
- 고유 발산(DIV)  $\geq$  MSP을 갖는 참조 광원(5)이 선택되고, 또는
- 상기 참조 광(6)은 분할 요소에 의해 3개 또는 4개의 개별 부분 빔으로 분할되고, 상기 개별 부분 빔은 쌍으로 상기 최소 사이각(MZW)을 포함하고, 상기 참조 광 검출기(19)의 별도의 검출기 면들(19a-19d)에 충돌하는 것을 특징으로 하는 간섭계 조립체를 작동하기 위한 방법.

#### 청구항 8

제6항 또는 제7항에 있어서, 상기 자유도는 2개의 선형 독립 축(UA1, UA2), 특히 서로에 대해 그리고 상기 빔 스플리터(8)의 법선에 대해 직교하는 축(UA1, UA2)에 대해 상기 빔 스플리터(8)가 기울어지는 것을 포함하는 것을 특징으로 하는 간섭계 조립체를 작동하기 위한 방법.

#### 청구항 9

제6항 내지 제8항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 자유도는 2개의 선형 독립 방향(R1, R2), 특히 서로에 대해 그리고 광축(2a, 2b)에 대해 직교하는 방향(R1, R2)에 대해 상기 역반사기(15, 16) 중 하나가 변위되는 것을 포함하는 것을 특징으로 하는 간섭계 조립체를 작동하기 위한 방법.

#### 청구항 10

제6항 내지 제9항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 참조 광 성분에 대해 각각 결정된 2개의 전기 검출기 신호(Sa 및 Sb, Sa 및 Sc)의 영점 교차(DA1, DB, DC) 사이의 시간 간격(Tx, Ty)을 측정함으로써, 각각의 위상차(Phase x, Phase y)가 주기 길이(Tperiod)에 대해 결정되는 것을 특징으로 하는 간섭계 조립체를 작동하기 위한 방법.

#### 청구항 11

제6항 내지 제10항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 위상차(phase x, phase y)의 결정을 위해, 항상 상기 이동 사이클의 동일한 부분 영역만이 각각 사용되고, 특히 상기 부분 영역은 상기 참조 광의 1000 파장 미만을 포함하고,

상기 부분 영역은 상기 간섭계 아암(13, 14) 사이의 광 경로차가 0인 것을 포함하고, 특히 상기 부분 영역은 0의 상기 광 경로차를 중심으로 대칭적으로 선택되는 것을 특징으로 하는 간섭계 조립체를 작동하기 위한 방법.

#### 청구항 12

제6항 내지 제11항 중 어느 한 항에 있어서,

유용한 광 인터페로그램(interferogram)을 기록하기 위해

- 유용한 광원(30)으로부터의 유용한 광(4)이 유용한 광을 위한 입력부(3)를 통해 상기 빔 스플리터(8)에서 제1 역반사기(15)를 갖는 제1 간섭계 아암(13) 및 제2 역반사기(16)를 갖는 제2 간섭계 아암(14)으로 분할되고, 상기 2개의 간섭계 아암(13, 14)으로부터의 상기 유용한 광(4)은 상기 빔 스플리터(8)에서 다시 중첩되고, 상기 유용한 광을 위한 출력부(21)를 통해 유용한 광 검출기(33)에서 검출되며,
- 상기 간섭계 아암(13, 14)의 상이한 광 경로차에서의 이동 사이클 동안 유용한 광 진폭 개별 측정이 각각 수행되고,

복수의 유용한 광 인터페로그램이 기록되는 것을 특징으로 하는 간섭계 조립체를 작동하기 위한 방법.

#### 청구항 13

제12항에 있어서, 전체 측정을 위해 복수의 유용한 광 인터페로그램이 연속적으로 기록되고, 상기 전체 측정의 상기 유용한 광 인터페로그램의 각각의 동일한 광 경로차에 대한 상기 유용한 광 진폭 개별 측정이 합산되는 것을 특징으로 하는 간섭계 조립체를 작동하기 위한 방법.

**청구항 14**

제13항에 있어서, 상기 제1 및 제2 위상차(Phase x, Phase y)의 결정 및 상기 적어도 2개의 액추에이터(9, 10)의 대응하는 재조정이 적어도 상기 전체 측정의 때 100 번째 유용한 광 인터페로그램마다 수행되고, 바람직하게는 상기 전체 측정의 각각의 유용한 광 인터페로그램마다 수행되는 것을 특징으로 하는 간섭계 조립체를 작동하기 위한 방법.

**청구항 15**

제12항 내지 제14항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 간섭계 조립체(1)의 구성 요소, 특히 상기 빔 스플리터(8) 또는 상기 역반사기(15, 16) 중 하나의 교체 또는 새로운 설치 후에, 특히 상기 유용한 광 검출기(33)에서 유용한 광(20)의 최대 강도가 획득되도록, 우선 상기 구성 요소의 최적의 위치 및/또는 배향이 결정되고,

상기 구성 요소의 상기 최적의 위치 및/또는 배향을 위해, 상기 참조 광 성분에 대해 관련 제1 초기 위상차 값 및 관련 제2 초기 위상차 값이 결정되고,

상기 유용한 광 인터페로그램이 기록되는 후속하는 측정 작동 중에, 상기 제1 위상차(Phase x) 및 상기 제2 위상차(Phase y)는 상기 결정된 제1 초기 위상차 값 및 상기 결정된 제2 초기 위상차 값으로 재조정되는 것을 특징으로 하는 간섭계 조립체를 작동하기 위한 방법.

**발명의 설명**

**기술 분야**

[0001] 본 발명은 다음을 포함하는 간섭계 조립체에 관한 것이다.

[0002] - 유용한 광을 위한 입력부,

[0003] - 빔 스플리터,

[0004] - 2개의 간섭계 아암(interferometer arms)을 확립하기 위한 2개의 역반사기,

[0005] - 간섭계 아암 사이의 광 경로차를 변경하기 위해, 역반사기 중 적어도 하나를 이동시키기 위한 드라이브,

[0006] - 간섭성 참조 광, 특히 참조 레이저를 위한 참조 광원,

[0007] - 유용한 광을 위한 출력부, 및

[0008] - 참조 광 검출기.

**배경 기술**

[0009] 이러한 간섭계 조립체는 DE 10 2014 226 487 A1으로부터 알려져 있다.

[0010] 일반적인 유형의 간섭계 조립체는 특히 FTIR(=Fourier Transformation Infrared) 분광법에 사용될 수 있다. 여기서 유용한 광으로서 광대역 IR(=적외선) 광이 간섭계에서 2개의 간섭계 아암에서 2개의 부분 빔으로 분리되고, 부분 빔들 사이의 경로차가 표시되고, 그 후, 중첩된 부분 빔이 검사될 샘플과의 상호 작용 후에 입사하는 유용한 광 검출기가 관측된다. 유용한 광 검출기의 관측은 상이한 경로차에 대해 반복된다. 부분 빔이 중첩되면 간섭이 발생하여, 경로차 및 IR 광의 주파수에 따라 유용한 광 검출기에서의 복사 조도를 감소시키거나 또는 증가시킨다. 경로차에 의존하는 유용한 광 검출기의 강도 데이터는 푸리에 변환을 거치고, 이에 의해 검사될 샘플의 스펙트럼이 획득된다.

[0011] 이러한 측정 방법의 경우, 부분 빔의 경로차를 정확하게 특정하거나 또는 추적할 수 있어야 한다. 이를 위해, 샘플의 실제 측정을 위해 광대역 IR 광 이외에, 그 협대역 광이 마찬가지로 간섭계를 통과하는 참조 레이저를 추가적으로 사용하여, 참조 광 검출기에서의 그 건설적인 그리고 파괴적인 간섭으로부터 간섭계 아암의 경로차를 정확하게 결정하는 것이 알려져 있다.

[0012] 부분 빔은 일반적으로 빔 스플리터에 의해 생성되고, 간섭계 아암에서의 미러에서 반사되며, 빔 스플리터에서 다시 중첩된다.

[0013] US 5,883,712 A로부터, 2개의 직교하는 간섭계 아암에 평면 미러를 갖는 간섭계 구조가 알려져 있고, 여기서 평

면 미러 중 하나가 빔 방향으로 이동하여 경로차를 변경시킬 수 있다. 평면 미러가 서로에 대해 정확히 직교하여 정렬되지 않으면, 부분 빔은 각도 오차를 획득하고(즉, 부분 빔은 서로에 대해 기울어지며), 부분 빔은 완전히 간섭할 수는 없게 되고, 이는 강도 손실 또는 완전히 사용될 수 없는 측정 결과로 이어질 수 있다. 예를 들어 온도 변동에 의해 또는 이동식 미러의 베어링에서의 부정확성으로 인해 미러의 상호 기울어짐이 발생할 수 있다.

[0014] Physics Procedia 33(2012), 1695-1701로부터, 평면 미러를 갖는 간섭계에서 고정 평면 미러에 자기 액추에이터를 설치하여, 미러를 조정할 수 있는 것이 알려져 있다. 이를 위해, 서로 직교하는 2개의 방향으로 설치된 2개의 쌍의 포토다이오드에서 검출되는 참조 레이저 빔의 위상차가 동적 조정을 위해 사용된다. 이를 통해, 각도 오차를 보상할 수 있다. 동적 조정의 대안으로서, 큐브 코너 반사기(역반사기)의 사용이 언급될 수 있는데, 이러한 큐브 코너 반사기는 광을 그 입력 경로를 따라 반사하고 이에 따라 부분 빔의 각도 오차를 방지할 수 있다.

[0015] 역반사기(큐브 코너 반사기)에 기초한 간섭계는 예를 들어 DE 10 2014 226 487 A1, DE 197 04 598 C1 또는 DE 42 12 143 A1으로부터 알려져 있다. 이러한 간섭계는 중첩될 부분 빔의 각도 오차를 갖지 않는다. 그러나, 광축에 직교하는 역반사기의 측면 변위는 보상되지 않는다. 따라서, 이러한 간섭계에서는 또한 유용한 광 검출기에서 바람직하지 않은 낮은 평가 가능한 또는 변동하는 유용한 광 강도가 발생할 수 있다.

### 발명의 내용

#### 해결하려는 과제

[0016] 본 발명의 목적은 더 높은 정도의 평가 가능하고 더 안정된 유용한 광 강도가 보장될 수 있는, 역반사기에 기초한 간섭계 조립체를 제공하는 것이다.

#### 과제의 해결 수단

[0017] 이러한 목적은 서두에 언급된 유형의 간섭계 조립체에 의해 간단하고 효과적인 방법으로 달성되며, 상기 간섭계 조립체는

[0018] 참조 광 검출기가 적어도 3개의 검출기 면을 포함하고, 제1 쌍의 검출기 면들의 검출기 면들은 제1 방향으로 정렬되고, 제2 쌍의 검출기 면들의 검출기 면들은 제2 방향으로 정렬되며, 제1 방향, 제2 방향 및 참조 광 검출기에서의 참조 광의 중심 전파 방향은 선형으로 독립적이고, 특히 서로 직교하며,

[0019] 상기 간섭계 조립체는

[0020] - 빔 스플리터로부터의 참조 광을 포커싱하기 위해, 빔 스플리터와 참조 광 검출기 사이에 배치되는 참조 광을 위한 수집 요소, 바람직하게는 집광 렌즈,

[0021] - 특히 빔 스플리터 상에 배치되거나 또는 역반사기 중 적어도 하나 상에 배치되고, 간섭계 아암으로부터 다시 반사되어 빔 스플리터에서 다시 중첩되는 2개의 참조 광 부분 빔 사이의 측면 전단(lateral shearing)을 적어도 2개의 자유도에서 변경하기 위한 적어도 2개의 액추에이터, 및

[0022] - 참조 광 검출기의 검출기 면 상의 신호에 따라 액추에이터를 제어하기 위한 조절 전자 장치를

[0023] 를 더 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0024] 본 발명에 따른 간섭계 조립체에 의해, 간섭계 조립체의 2개의 간섭계 아암의 2개의 부분 빔 사이의 측면 전단(즉, 다시 중첩된 빔의 전파 방향에 대해 횡 방향인 상호 오프셋)을 변경시킬 수 있고, 조절할 수 있으며, 특히 이를 안정화시킬 수 있다.

[0025] 간섭계 조립체에서 빔 스플리터 및 역반사기의 위치 및 배향은 특히 온도 변동 시 열 팽창 효과로 인해 시간이 지남에 따라 변동될 수 있다. 이러한 변경으로 인해, 간섭계 아암으로부터의 중첩된 부분 빔의 각도 오차가 발생하지는 않지만, 그러나 중첩된 부분 빔의 측면 오프셋이 발생할 수 있다. 측면 오프셋이 증가함에 따라, 파괴적인 간섭으로 인해 평가 가능한 유용한 광의 강도가 더 낮아지고, 이에 따라 유용한 광에 의해 검사될 샘플에 대한 정보의 의미가 저하되고, 상이한 측정들의 비교 가능성이 악화된다.

[0026] 참조 광은 일반적으로 (그리고 일반적으로 본 발명의 범위 내에서도) 간섭계 아암의 경로차를 추적하도록 사용된다. 본 발명의 범위 내에서, 참조 광은 (또한) (본질적으로 유용한 광 부분 빔의 측면 전단에 대응하는) 참

조 광 부분 빔의 측면 전단을 검출하고, 측면 전단의 안정화, 특히 최소화를 위해 이를 평가하도록 사용된다. 참조 광 부분 빔의 측면 전단은 주로 유용한 광 부분 빔의 측면 전단에 대응하는데, 왜냐하면 이들은 특히 동일한 역반사기 및 동일한 빔 스플리터에 의해, 본질적으로 동일한 빔 경로를 통과하기 때문이다.

[0027] 간섭계 아암의 부분 빔을 순간적으로 조정하는 품질에 대한 필요한 정보는 소위 하이딩거링(Haidingerring)으로부터 추출된다. 동일한 기울기의 이러한 간섭을 획득하기 위해, 간섭계 조립체는 광축을 따라 참조 광으로 조명된다. 여기서, 참조 광의 충분히 큰 확산, 예를 들어 참조 광의 충분히 큰 발산 또는 참조 광의 개별 부분 빔들 사이의 충분히 큰 각도차가 보장되어야 한다; 이를 위해, 발산 요소(예를 들어, 발산 렌즈) 또는 분할 요소[예를 들어, 빔 스플리터 및 웨지 플레이트 조립체(wedge plate assembly)]가 참조 광원과 빔 스플리터 사이에 배치될 수 있거나, 또는 본질적으로 큰 발산을 갖는 참조 광원(예를 들어, VCSEL 다이오드)이 선택될 수 있다. 상이한 방향의 대응하는 빔 성분에 의해, 원하는 상이한 경로차가 생성된다; 경로차는 간섭 패턴을 통해 보여질 수 있다. 무한히 발생하는 간섭 패턴(하이딩거링)은 수집 요소를 통해 2개의 쌍의 검출기 면들을 갖는 참조 광 검출기로 매핑된다.

[0028] 광 경로차가 0인 경우(ZPD 0 경로차), 예를 들어 참조 광 부분 빔의 측면 전단으로 줄무늬 형상의 간섭 패턴이 생성되고, 여기서 줄무늬는 전단 방향에 대해 수직으로 연장되고, 그 간격은 전단의 양에 반비례한다. 이러한 특별한 경우에, 하이딩거링은 무한히 큰 반경을 갖는다.

[0029] 간섭계 조립체의 균일한 진행이 발생함에 따라, 검출기 면에서 사인과 형상의 전기 신호가 획득된다. 중첩된 줄무늬 형상의 간섭 패턴은 각 쌍의 검출기 면들의 신호들 간에 위상차를 유발한다. 위상차는 이러한 2개의 검출기 면의 방향으로 참조 광 부분 빔의 전단에 대한 직접적인 크기이므로, 따라서 검출기 면의 정렬 방향에 대한 간섭계 조립체의 오정렬의 크기이다. 따라서, 2개의 쌍의 검출기 면들로부터의 신호에 의해, 간섭계 조립체의 조정 위치는 완전히 검출될 수 있다. 위상차는, 간섭계 조립체의 오정렬을 보상하거나 또는 원하는 조정 위치를 정확하게 유지하기 위해, 예를 들어 폐쇄 제어 루프에서 액추에이터를 제어함으로써 사용될 수 있다. 이에 따라 높고 안정된 유용한 광 강도가 보장될 수 있다.

[0030] 본 발명에 따른 간섭계 조립체는 일반적으로 샘플의 FTIR 스펙트럼을 기록하도록 사용된다. 샘플은 일반적으로 빔 스플리터와 유용한 광 검출기(유용한 광을 위한 출력부에 또는 그 이후에 배치됨) 사이에 배치된다. 참조 광은 일반적으로 샘플을 통과하지 않는다. 참조 광은 (액추에이터의 제어 이외에) 일반적으로 또한 간섭계 아암의 경로차를 추적하도록 사용된다.

[0031] 간섭계 조립체는 자체의 유용한 광원, 특히 유용한 광 입력부에서 유용한 광을 제공할 수 있는 광대역 IR 광원을 포함할 수 있다. 그러나, 외부 유용한 광원, 특히 광대역 IR 유용한 광원, 예를 들어 태양도 또한 사용될 수 있다. 특히 유용한 광 검출기는 IR 검출기로서 설계될 수 있다.

[0032] 적어도 2개의 액추에이터에 의해, 광축에 직교하는 역반사기의 상호 측면 변위가 보상될 수 있는 방식으로 간섭계 조립체의 조정이 이루어질 수 있다. 2개의 자유도는 특히 2개의 역반사기 중 하나의 정점, 빔 스플리터에서 생성된 그의 미러 이미지 및 빔 스플리터의 광학적으로 효과적인 중심에 걸쳐있는 간섭계 평면 내에서 빔 방향에 대해 수직인 간섭계 아암의 부분 빔의 상호 변위, 및 빔 방향에 수직이고 이러한 평면에 수직인 변위일 수 있다. 이를 위해 액추에이터는 일반적으로 역반사기 중 하나에 또는 빔 스플리터에 배치된다; 그러나, 예를 들어, 빔 스플리터와 역반사기 사이에 편향 미러를 배치하고, 이러한 편향 미러를 액추에이터에 의해 조정하는 것도 또한 가능하다. 액추에이터가 역반사기에 배치되는 경우, 이것은 바람직하게는 (간섭계 아암의 광 경로차에 대해) 이동 가능하도록 설계되지 않는다. 2개의 역반사기가 예를 들어 공통 진자에서 이동 가능하도록 설계되는 경우, 액추에이터는 바람직하게는 빔 스플리터에 배치된다.

[0033] 참조 광원은 일반적으로 He-Ne 레이저 또는 다이오드 레이저를 포함한다. 참조 광 검출기(참조 광 검출기 조립체로도 또한 언급될 수 있음)는 적어도 3개의 검출기 면이 (예를 들어 사분면 검출기에 의해) 형성되어 있는 전체 구성 요소로 구현될 수 있다; 대안적으로, 참조 광 검출기는 적어도 3개의 검출기 면이 (예를 들어 3개의 별도의 개별 검출기에 의해) 개별적으로 형성되어 있는 복수의 별도의 개별 구성 요소에 의해 형성될 수 있다.

[0034] 본 발명의 바람직한 실시예들

[0035] 본 발명에 따른 간섭계 조립체의 바람직한 실시예에서, 간섭계 조립체는 참조 광원으로부터 빔 스플리터에 도달하는 참조 광이 빔 스플리터에서, 특히 참조 광의 최소 발산(MDIV) 또는 참조 광의 개별 부분 빔의 최소 사이각(MZW)에 의해 설정되는 최소 확산(MSP)을 갖도록 설정되며,



- [0036] MSP  $\geq$  2 mrad, 바람직하게는 MSP  $\geq$  5 mrad 이고,
- [0037] 특히 상기 조립체는
- [0038] - 참조 광원과 빔 스플리터 사이에 배치되는, 참조 광을 위한 발산 요소, 바람직하게는 발산 렌즈, 또는
- [0039] - 고유 발산(DIV)  $\geq$  MSP을 갖는 참조 광원, 또는
- [0040] - 참조 광을 위한 분할 요소, 바람직하게는 빔 스플리터, 및
- [0041] - 웨지 플레이트 조립체 - 이러한 웨지 플레이트 조립체는 참조 광을 3개 또는 4개의 개별 부분 빔으로 분할시키고, 이들 3개 또는 4개의 개별 부분 빔은 쌍으로 최소 사이각(MZW)을 포함하고, 참조 광 검출기의 별도의 검출기 면들에 충돌함 - 를 포함하는 것이 제공된다. 참조 광을 더 넓게 확산시킴으로써, 하이딩거링의 더 넓은 영역이 조명을 받을 수 있으므로, 조명을 받은 영역을 통해 더 큰 위상차가 측정될 수 있다. 최소 확산(MSP)은 특히 참조 광의 발산을 통해(MSP = MDIV에 의해) 달성될 수 있거나, 또는 참조 광의 개별 부분 빔의 사이각을 통해서도(MSP = MZW에 의해) 또한 달성될 수 있다.
- [0042] 역간섭계(Retrointerferometer)의 경우, 참조 광 부분 빔의 출력측 전단은 광축에 직교하여 측정되는, 2개의 역반사기의 정점의 서로에 대한 측면 변위의 두 배이다. 라디안 단위로 측정된 참조 광원의 전체 발산 각도(DIV)는 참조 광 검출기의 초점면에서  $\pm$  DIV/2의 방사형 각도 좌표(ALPHA)를 조명한다. 참조 광의 파장 단위로 측정된 참조 광 부분 빔의 전단(SHEAR)이 주어진 경우, ZPD에서 줄무늬 형상의 간섭 패턴의 차수(N)에 대해 다음이 적용되고
- [0043]  $N = SHEAR * ALPHA$
- [0044] 이에 따라, 중앙과 조명 경계부 사이의 위상차(PHI)에 대해 다음과 같다
- [0045]  $PHI/(2\pi) = SHEAR * DIV/2.$
- [0046] 따라서 다음과 같다
- [0047]  $DIV = PHI /(\pi * SHEAR).$
- [0048] 두 개의 검출기 면 사이의 위상차가 측정되기 때문에, 이러한 표면의 통합 효과 및 더 큰 각도를 향한 참조 광의 강도 감소가 고려되어야 하며, 이는 감도를 약 3배 감소시킨다. 이로 인해, 최소 발산이 발생한다.
- [0049]  $MDIV \geq PHI/SHEAR.$
- [0050] PHI에 대해, 여기서 적용된 위상차 결정의 (특히 장치 관련한 또는 측정 방법 관련한) "분해능 한계"가 사용되어야 한다; 일반적으로 PHI는 0.3° 내지 2° (즉, 5 mrad 내지 35 mrad)이다. SHEAR에 대해서는, 여기서 참조 광 부분 빔의 최대 허용 측면 전단이 사용되며, 이 최대 허용 측면 전단에서 간섭계 조립체는 여전히 안정적인 것으로 간주된다. 이는 유용한 광 검출기에서 변조된 유용한 광의 신호 진폭이 일정한 입력 신호에서 스펙트럼 측정 범위의 가장 짧은 파장에 대해 마찬가지로 (대략) 일정하게 유지되는 경우이다. SHEAR는 일반적으로 0.25  $\mu$ m 내지 1.5  $\mu$ m 이다(즉, HeNe 레이저를 0.4 내지 2.5 파장에서 참조 광원으로 사용하는 경우). 이러한 값들에 의해, MDIV에 대해, 2 mrad 내지 88 mrad의 범위가 발생하며, 일반적인 값은 5 mrad이다. 최소 발산(MDIV)은 일반적으로 제1 및 제2 방향에 대해 동일하지만, 그러나 제1 및 제2 방향에 대해 또한 상이할 수도 있다. 고유 발산(DIV)  $\geq$  MDIV를 갖는 참조 광원으로서 예를 들어 VCSEL이 사용될 수 있다.
- [0051] 이러한 고려 사항은 분할 요소에 의해 참조 광으로부터 생성되는 3개 또는 4개의 개별 부분 빔을 사용할 때 최소 사이각(MZW)에 대해서도 유사한 방식으로 적용된다. 이러한 실시예에서, 발산 요소는 생략되고, 참조 광원은 가능한 한 낮은 발산을 가져야 한다. 3개의 개별 부분 빔을 사용하는 경우, 개별 부분 빔 중 하나(이것은 일반적으로 광축에 있음)가 2개의 쌍의 검출기 면들에 사용되거나 또는 관련 검출기 면은 제1 쌍의 검출기 면들 뿐만 아니라 제2 쌍의 검출기 면들에도 포함된다. 참조 광 출력을 3개 또는 4개의 개별 부분 빔에만 집중시킴으로써, 특히 저-잡음으로 위상차를 결정하는 것이 가능하게 된다.
- [0052] 참조 광 검출기가 사분면 다이오드, 특히 실리콘 사분면 다이오드를 포함하는 일 실시예도 또한 바람직하고, 바람직하게는 여기서 조절 전자 장치에 의해 사용되는 각각의 검출기 면에 대한 사분면 다이오드의 다운스트림에 전류-전압 변환기가 연결된다. 이러한 구조는 비용 효율적이며, 실제로 효과적인 것으로 입증되었다.
- [0053] 또한, 액추에이터에 의해, 빔 스플리터는 2개의 선형 독립 축, 특히 서로에 대해 그리고 빔 스플리터의 법선에

대해 직교하는 축에 대해 기울어질 수 있는 일 실시예가 또한 유리하다. 이러한 실시예는 특히 2개의 역반사기가 경로차를 변경하도록 (예를 들어 공통 진자에서) 이동 가능하도록 설계되는 경우에 선택될 수 있다; 이러한 경우 측면 전단을 보상하기 위해 빔 스플리터를 기울이는 것은 구조적으로 특히 간단하다.

- [0054] 다른 유리한 실시예에서, 액추에이터에 의해, 역반사기 중 하나가 2개의 선형 독립 방향, 특히 서로에 대해 그리고 광축에 대해 직교하는 방향을 따라 변위될 수 있다. 이러한 설계는 특히 역반사기 중 하나만이 이동하여 경로차를 변경할 수 있는 경우에 선택될 수 있다. 액추에이터는 이 경우 (경로차와 관련하여) 고정된 역반사기에 작용할 수 있으며, 이는 구조적으로 또한 간단하게 구현될 수 있다. 액추에이터는 일반적으로 피에조 액추에이터로서 설계되는데, 왜냐하면 필요한 이동 경로는 일반적으로 10  $\mu\text{m}$  범위이기 때문이다.
- [0055] 본 발명에 따른 방법
- [0056] 본 발명의 범위 내에는, 또한 간섭계 조립체, 특히 위에서 설명된 본 발명에 따른 간섭계 조립체를 작동하기 위한 방법이 포함되고,
- [0057] 참조 광원으로부터의 간섭성 참조 광은 빔 스플리터에서 제1 역반사기를 갖는 제1 간섭계 아암 및 제2 역반사기를 갖는 제2 간섭계 아암으로 분할되고, 2개의 간섭계 아암으로부터의 참조 광은 빔 스플리터에서 다시 중첩되고 참조 광 검출기에서 검출되며,
- [0058] 역반사기 중 적어도 하나는 반복적인 이동 사이클로 이동되고, 이를 통해 간섭계 아암의 광 경로차가 변경되는, 간섭계 조립체를 작동하기 위한 방법에 있어서,
- [0059] 참조 광은 특히 빔 스플리터와 참조 광 검출기 사이의 수집 요소에 의해 빔 스플리터 이후에 포커싱되고,
- [0060] 참조 광 검출기는 적어도 3개의 검출기 면을 포함하며, 제1 쌍의 검출기 면들의 검출기 면들은 제1 방향으로 정렬되고, 제2 쌍의 검출기 면들의 검출기 면들은 제2 방향으로 정렬되고, 제1 방향, 제2 방향 및 참조 광 검출기에서의 참조 광의 중심 전파 방향은 선형으로 독립적이고, 특히 서로 직교하며,
- [0061] 적어도 이동 사이클의 부분에서 각각
- [0062] - 제1 쌍의 검출기 면들에서 검출된 2개의 참조 광 성분 간의 제1 위상차가 결정되고,
- [0063] - 제2 쌍의 검출기 면들에서 검출된 2개의 참조 광 성분 간의 제2 위상차가 결정되며,
- [0064] 간섭계 아암으로부터 다시 반사되어 빔 스플리터에서 다시 중첩되는 2개의 참조 광 부분 빔 사이의 측면 전단을 변경하기 위한 적어도 2개의 액추에이터가 2개의 위상차에 따라 재조정되고, 특히 2개의 위상차는 복수의 이동 사이클에 걸쳐 본질적으로 일정하게 유지되는 것을 특징으로 한다. 본 발명에 따른 방법에 의해, 예를 들어 빔 스플리터 또는 역반사기의 위치 또는 배향의 작은 변화에 의해, 간섭계 조립체에서 시간이 지남에 따라 발생하는 간섭계 아암의 부분 빔의 측면 전단이 방지되거나 또는 보상될 수 있다.
- [0065] 본 발명에 따른 재조정을 통해, 위상차는 많은 이동 사이클에 걸쳐, 특히 유용한 광 인터페로그램 (interferogram)의 많은 기록을 통해, 영구적으로 거의 일정하게 유지될 수 있다(또는 적어도 상이한 이동 사이클 블록에 대해서는 동일한 방식으로 또는 알려진 방식으로 계속해서 유지될 수 있음). 위상차는 일반적으로 고정된 위상차 값으로 재조정된다. 본 발명에 따른 방법을 통해, 간섭계 조립체는 특히 안정적이거나 또는 매우 양호하게 재현 가능한 측정 결과를 제공할 수 있다.
- [0066] 광 경로차가 0일 때 참조 광 부분 빔의 측면 전단의 경우 참조 광 검출기에 줄무늬 형상의 간섭 패턴이 생성되지만, 광 경로차가 더 증가함에 따라 수축하는 링 형상의 간섭 패턴이 발생하며, 그 중심은 이러한 전단 없는 위치에 비해 변위된다. 따라서, 위상차는 경로차에 따라 달라지므로, 위상차는 특정 경로차(바람직하게는 0, ZPD 0 경로차)와 현저하게 관련이 있다. 또한, 광 경로차에 대한 위상차의 프로파일을 검출하고 이를 제어에 포함하는 것도 가능하지만 그러나 더 어려운데, 왜냐하면 정확한 프로파일은 참조 광 검출기의 조명에 따라 달라지며, ZPD 부근에서만 본질적으로 조명과 독립적이기 때문이다. 바람직하게는 재조정은 적어도 매 100 번째 이동 사이클마다, 바람직하게는 매 이동 사이클마다 이루어진다. 반면에, 예를 들어 온도 변동이 느린 경우와 같이, 많은 경우에는, 예를 들어 매 5 회 이동 사이클 이하와 같이 가끔씩 재조정하는 것으로 충분하다. 이동 사이클은 일반적으로 0.3 내지 40 Hz, 대개 1 내지 5 Hz의 주파수로 실행된다.
- [0067] (적어도) 2개의 자유도에 대해 (적어도) 2개의 액추에이터를 갖는 간섭계 조립체의 조정 가능성은 광축에 직교하는 역반사기의 측면 변위가 보상될 수 있도록 설정된다. 일반적으로 이를 위해 역반사기 중 하나는 2개의 방향으로 변위되거나 또는 빔 스플리터는 2개의 축을 중심으로 기울어진다; 그러나 빔 스플리터와 역반사기 사이

에 편향 미러를 배치하고, 편향 미러를 조정하는 것(기울어지게 하고 및/또는 변위시키는 것)도 또한 가능하다. 2개의 자유도는 특히 2개의 역반사기 중 하나의 정점, 빔 스플리터에서 생성된 그의 미러 이미지 및 빔 스플리터의 광학적으로 효과적인 중심에 걸쳐있는 간섭계 평면 내에서 빔 방향에 대해 수직인 간섭계 아암의 부분 빔의 상호 변위, 및 빔 방향에 수직이고 이러한 평면에 수직인 변위일 수 있다.

- [0068] 간섭계 조립체의 제조정은, 위상 결정이 이루어지는 이동 사이클(또는 필요한 경우 인터페로그래프의 관련 기록) 동안 또는 이후에도 수행될 수 있다. 바람직하게는 제조정은 이동 사이클 이후에, 특히 바람직하게는 드라이브의 반전 단계에서 이루어진다.
- [0069] 본 발명에 따른 방법의 바람직한 실시예에서,
- [0070] 참조 광원으로부터 빔 스플리터에 도달하는 참조 광은 빔 스플리터에서, 특히 참조 광의 최소 발산(MDIV) 또는 참조 광의 개별 부분 빔의 최소 사이각(MZW)에 의해 설정되는 최소 확산(MSP)을 가지며,
- [0071]  $MSP \geq 2 \text{ mrad}$ , 바람직하게는  $MSP \geq 5 \text{ mrad}$  이고,
- [0072] 특히
- [0073] - 참조 광원으로부터의 참조 광은 참조 광원과 빔 스플리터 사이의 발산 요소에 의해 더 큰 발산으로 확장되고, 또는
- [0074] - 고유 발산(DIV)  $\geq MSP$ 을 갖는 참조 광원이 선택되고, 또는
- [0075] - 참조 광은 분할 요소에 의해 3개 또는 4개의 개별 부분 빔으로 분할되고, 개별 부분 빔은 쌍으로 최소 사이각(MZW)을 포함하고, 참조 광 검출기의 별도의 검출기 면들에 충돌하는 것이 제공된다. 참조 광을 충분히 넓게 확산시킴으로써, 검출기 면들의 쌍에서의 위상차의 측정은 용이하게 될 수 있다. 최소 확산(MSP)은 특히 참조 광의 발산을 통해( $MSP = MDIV$ 에 의해) 달성될 수 있거나, 또는 참조 광의 개별 부분 빔의 사이각을 통해서도( $MSP = MZW$ 에 의해) 달성될 수 있다.
- [0076] 유리한 변형예에서, 자유도는 2개의 선형 독립 축, 특히 서로에 대해 그리고 빔 스플리터의 법선에 대해 직교하는 축에 대해 빔 스플리터가 기울어지는 것을 포함한다. 특히 2개의 역반사기가 공통 진자에 배치되는 경우 용이하게 설정될 수 있다.
- [0077] 자유도는 2개의 선형 독립 방향, 특히 서로에 대해 그리고 광축에 대해 직교하는 방향에 대해 역반사기 중 하나가 변위되는 것을 포함하는 일 변형예가 또한 바람직하다. 이는 특히 간섭계 아암들 사이의 경로차의 설정과 관련하여 역반사기가 고정되어 있는 경우 구조적으로도 또한 간단하다.
- [0078] 참조 광 성분에 대해 각각 결정된 2개의 전기 검출기 신호의 영점 교차 사이의 시간 간격을 측정함으로써 각각의 위상차가 주기 길이에 대해 결정되는 일 변형예가 바람직하다. 이 경우 위상차는 특히 간단하게 결정될 수 있다. 특히, 영점 교차는 각각의 검출기 면의 신호에 대한 조건 "순간 값 - 이동 평균값 = 0"으로 결정될 수 있다. 이동 평균값은 예컨대 100개의 신호 주기에 걸쳐 결정될 수 있다.
- [0079] 바람직한 일 변형예에서, 위상차의 결정을 위해, 항상 이동 사이클의 동일한 부분 영역만이 각각 사용되고, 특히 여기서 부분 영역은 참조 광의 1000 파장 미만을 포함하고,
- [0080] 부분 영역은 간섭계 아암 사이의 광 경로차가 0인 것을 포함하고, 특히 여기서 부분 영역은 0의 광 경로차를 중심으로 대칭적으로 선택되는 것이 제공된다. 경로차 0 주변의 영역에서, 참조 광 빔 경로의 조정이 위상에 미치는 영향이 가장 적다.
- [0081] 액추에이터의 제조정이 디지털 PI 제어기를 통해 이루어지고, 바람직하게는 여기서 고전압 증폭기가 액추에이터에 대한 PI 제어기의 다운스트림에 연결되는 일 변형예가 바람직하다. 이것은 실제로 유용한 것으로 입증되었다. 참조 광 검출기 면이 정렬된 방향과, 액추에이터가 작동하는 방향이 동일 선상에 있지 않은 경우, 제어기는 추가적으로 좌표 변환을 수행해야 한다. PI(= 비례 적분) 제어기는 액추에이터를 제조정할 때 오버슈팅을 방지한다. 피에조 액추에이터는 일반적으로 100 V 내지 1000 V로 작동된다.
- [0082] 특히 바람직한 일 변형예에서,
- [0083] 유용한 광 인터페로그래프를 기록하기 위해
- [0084] - 유용한 광원으로부터의 유용한 광이 유용한 광을 위한 입력부를 통해 빔 스플리터에서 제1 역반사기를 갖는 제1 간섭계 아암 및 제2 역반사기를 갖는 제2 간섭계 아암으로 분할되고, 2개의 간섭계 아암으로부터의 유용한

광은 빔 스플리터에서 다시 중첩되고, 유용한 광을 위한 출력부를 통해 유용한 광 검출기에서 검출되고,

[0085] - 간섭계 아암의 상이한 광 경로차에서의 이동 사이클 동안 유용한 광 진폭 개별 측정이 각각 수행되고,

[0086] 복수의 유용한 광 인터페로그램이 기록되는 것이 제공된다. 유용한 광 인터페로그램을 기록할 때, 검사될 샘플은 유용한 광의 빔 경로(일반적으로 참조 광의 빔 경로가 아님)에 배치되고, 바람직하게는 빔 스플리터와 유용한 광 검출기 사이에 배치된다. 복수의 유용한 광 인터페로그램의 (연속적으로 수행되는) 기록 동안, 간섭계 조립체는 본 발명에 따라 액추에이터를 제조정함으로써 안정화될 수 있으므로, 복수의 측정에 대해 동일한 측정 조건이 획득될 수 있다. 복수의 유용한 광 인터페로그램은 상이한 샘플로 기록될 수 있거나, 또는 몇 개의 유용한 광 인터페로그램이 각각 동일한 샘플로 기록될 수도 있다("전체 측정", 아래 참조). 유용한 광 및 참조 광은 일반적으로 간섭계 조립체에서 서로 평행하거나 또는 역평행하게 안내된다. 적어도 하나의 역반사의 이동 사이클은 참조 광에서의 위상차를 결정하기 위해서 뿐만 아니라 유용한 광 진폭의 개별 측정을 위해서도 사용될 수 있다. 본 발명에 따른 액추에이터의 제조정은, 향후 측정을 위해 간섭계 조립체를 안정적으로 유지하기 위해, 현재 유용한 광 인터페로그램이 기록되지 않는 경우에도 또한 수행될 수 있다는 점(그리고 수행되어야 한다는 점)에 유의해야 한다.

[0087] 전체 측정을 위해 복수의 유용한 광 인터페로그램이 연속적으로 기록되고, 전체 측정의 유용한 광 인터페로그램의 각각의 동일한 광 경로차의 유용한 광 진폭 개별 측정이 합산되는 이러한 변형예의 추가 개발이 바람직하다. 일반적으로, 전체 측정에는 일반적으로 연속적인 이동 사이클로 기록되는 10개 이상의 유용한 광 인터페로그램 또는 1000개 이상의 유용한 광 인터페로그램이 포함된다. 이러한 합산을 통해, 향상된 신호 대 잡음비가 획득된다. 본 발명에 따르면, 전체 측정 내에서 특히 안정된 측정 조건이 획득된다. 일반적으로 하나의 전체 측정은 단일 샘플로 전체적으로 수행된다. 전체 측정의 합산된 유용한 광 진폭 개별 측정은 일반적으로 샘플의 스펙트럼, 특히 적외선 스펙트럼을 획득하기 위해 푸리에 변환이 이루어진다.

[0088] 또한, 유리하게는, 제1 및 제2 위상차의 결정 및 적어도 2개의 액추에이터의 대응하는 제조정이 적어도 전체 측정의 매 100 번째 유용한 광 인터페로그램마다 수행되고, 바람직하게는 전체 측정의 각각의 유용한 광 인터페로그램마다 수행되는 것이 제공된다. 위상차를 자주 제조정함으로써, 간섭계 조립체에서 특히 안정적인 조건이 획득될 수 있다. 반면, 단지 느린 온도 변동 및 기록된 유용한 광 인터페로그램의 주파수가 일반적으로 1 내지 5 Hz인 경우에는, 예를 들어 5초에 한 번 범위에서 가끔 제조정하는 것으로 충분하다.

[0089] 간섭계 조립체의 구성 요소, 특히 빔 스플리터 또는 역반사기 중 하나의 교체 또는 새로운 설치 후에, 특히 유용한 광 검출기에서 유용한 광의 최대 강도가 획득되도록, 우선 구성 요소의 최적의 위치 및/또는 배향이 결정되고,

[0090] 구성 요소의 최적의 위치 및/또는 배향을 위해, 참조 광 성분에 대해 관련 제1 초기 위상차 값 및 관련 제2 초기 위상차 값이 결정되고,

[0091] 유용한 광 인터페로그램이 기록되는 후속하는 측정 작동 중에, 제1 위상차 및 제2 위상차는 결정된 제1 초기 위상차 값 및 결정된 제2 초기 위상차 값으로 제조정되는 것을 제공하는 개선예가 또한 유리하다. 이러한 방법을 통해, 높은 그리고 안정적인 유용한 광 강도가 획득될 수 있다. 샘플의 측정은 특히 의미가 있다.

[0092] 본 발명의 추가 이점은 상세한 설명 및 도면으로부터 명백해진다. 마찬가지로 상기 언급된 특징 및 추가로 언급되는 특징은 본 발명에 따라 개별적으로 그 자체로 또는 집합적으로 임의의 조합으로 각각 사용될 수 있다. 도시되고 설명된 실시예들은 완전한 목록으로 이해되어서는 안 되며, 오히려 본 발명을 설명하기 위한 예시적인 특성을 갖는다.

**도면의 간단한 설명**

[0093] 본 발명은 도면에 도시되어 있고, 예시적인 실시예들을 사용하여 더 상세히 설명될 것이다.

도 1은 전자 상에 2개의 역반사기를 갖는 본 발명에 따른 간섭계 조립체의 제1 실시예의 개략적인 평면도를 도시한다.

도 2는 도 1의 간섭계 조립체의 개략적인 측면도를 도시한다.

도 3은 도 1의 간섭계 조립체의 빔 스플리터의 개략적인 평면도를 도시한다.

도 4는 고정식 및 이동식 역반사기를 갖는 본 발명에 따른 간섭계 조립체의 제2 실시예의 개략적인 사시도를 도

시한다.

도 5는 유용한 광을 고려하는 도 4의 간섭계 조립체의 개략도를 도시한다.

도 6은 본 발명을 위한 조절 전자 장치의 기능을 위한 개략도를 도시한다.

도 7은 간섭계 아암의 강하게 전단된 부분 빔을 갖는, 본 발명에 따른 간섭계 조립체에서 참조 광 검출기로서의 사분면 다이오드 상의 강도 분포를 도시한다.

도 8은 간섭계 아암의 약하게 전단된 부분 빔을 갖는, 본 발명에 따른 간섭계 조립체에서 참조 광 검출기로서의 사분면 다이오드 상의 강도 분포를 도시한다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

- [0094] 본 발명의 개요
- [0095] FTIR 분광기를 위한 간섭계에는 종종 2개의 역반사기가 장착되는데, 왜냐하면 광 경로차를 변경하기 위해 이동하는 동안 이러한 미러의 가능한 기울어짐이 완전히 보상되고 조정의 품질(즉, 변조 효율)이 영향을 받지 않기 때문이다. 그러나, 다른 파괴적인 영향, 즉 광축에 직교하는 미러의 측면 변위는 보상되지 않는다. 이러한 변위는 출력 빔의 전단을 생성하고, 간섭계를 오정렬시킨다(즉, 변조 효율을 감소시킨다). 보다 정확하게는, 빔 스플리터에서 미러링된 하나의 역반사기의 정점의 이미지가 광축에 대해 수직으로 측정된 다른 역반사기의 정점에 대해 측면 변위를 갖는 경우, 간섭계의 변조 효율이 감소한다. 변위는 예를 들어 베어링의 부정확성 또는 부품의 열 드리프트로 인해 발생한다. 이 효과는 평면 미러 간섭계에서 미러를 기울일 때 발생하는 효과보다 훨씬 작은 범위이지만, 그러나 긴 측정 시리즈에서는, 특히 더 짧은 파장(NIR, VIS 또는 UV 범위)으로 작동할 때에는 상당히 방해가 된다. 간섭계의 이러한 오정렬은, 광축에 수직인 2개의 축으로 2개의 역반사기 중 하나를 변위시키거나 또는 빔 스플리터를 2개의 직교 각도 자유도로 기울임으로써, 완전히 보상될 수 있다. 2개의 방법은 모두 (오정렬이 작은 경우) 광학적으로 동등하다. 종래 기술에서, 간섭계의 기본 조정은 일반적으로 한 번만 또는 측정 시리즈의 시작 전에 또는 광학 부품이 변경될 때에만 수행되고, 작동이 진행 중인 동안에는 수행되지 않는다.
- [0096] 본 발명은 측정 기술에 의해 역반사기의 측면 변위를 검출하고, 출력 빔의 전단에 영향을 주는 액추에이터를 통해 폐쇄된 제어 루프에서 더 긴 기간에 걸쳐, 특히 더 길게 지속되는 측정 시리즈 동안 간섭계의 초기 조정 상태를 유지하도록 제공한다. 본 발명에 따른 방법은 또한 빔 스플리터를 변경한 후 간섭계를 다시 초기 조정 상태로 자동으로 조정하기 위해서도 매우 적합하다.
- [0097] 도면들의 설명
- [0098] 모든 도면들은 각각 비율이 일정하지 않은 개략적인 표현을 보여준다. 특히, 빔 발산 및 광학 요소들의 크기는 이들을 더 양호하게 인식할 수 있도록 하기 위해 과장되어 표현되어 있다.
- [0099] 도 1은 본 발명에 따른 간섭계 조립체(1)의 제1 실시예의 개략적인 평면도를 도시하고 있다.
- [0100] 더 상세하게 도시되지 않은 유용한 광원으로부터, 유용한 광(4)(여기서는 광대역 IR 광)의 빔이 유용한 광을 위한 입력부(3)를 통해 입력측 광축(2a)을 따라 간섭계 조립체(1)로 조사(照射)된다. 마찬가지로 입력측의 광축(2a)을 따라, 참조 광원(5), 여기서 HeNe 레이저에 의해, 간섭성 협대역 참조 광(6)이 조사된다.
- [0101] He-Ne 레이저로부터의 참조 광(6)은 확산되는데, 도시된 설계에서는 발산 요소(7), 여기서는 발산 렌즈에 의해 원뿔형으로 확장되어, 적어도 2 mrad, 바람직하게는 적어도 5 mrad의 발산이 보장되며, 여기서 최소 발산(MDIV)을 참조하도록 한다. 대안적인 설계에서, 예를 들어 빔 스플리터 및 웨지 플레이트 조립체가 발산 요소(7)를 대체할 수 있어, 참조 광(6)을 예를 들어 4개의 개별 부분 빔으로 분할할 수 있고, 이 4개의 개별 부분 빔은 [이들이 충돌하는 검출기 면들(19a, 19b)의 쌍에 대응하여] 쌍으로 적어도 2 mrad, 바람직하게는 적어도 5 mrad의 사이각을 포함하며[빔 스플리터 및 웨지 플레이트 조립체는 도시되지 않았지만, 그러나 개별 부분 빔을 설명할 수 있는 도 1 및 도 2에서 참조 광(6/17)의 가장자리 빔을 참조하도록 한다], 여기서 개별 부분 빔의 (중심) 전과 방향 사이의 최소 사이각(MZW)을 참조하도록 한다. 참조 광(6)(얇은 선으로 표시됨) 및 유용한 광(4)(굵은 선으로 표시됨)은 빔 스플리터(8)로 지향된다.
- [0102] 빔 스플리터(8)는 여기서 피에조 액추에이터로 설계된 2개의 액추에이터(9, 10)에 의해 서로 직교하는 2개의 축에 대해 기울어질 수 있다(이를 위해 또한 도 3 참조); 액추에이터(9, 10)의 장착은 단순화를 위해 더 자세히 도시되지 않았다. 빔 스플리터(8)는 본질적으로 평면이고, 플레이트 형상이며 반투명하게 설계되어, 이에 충돌

하는 광의 제1 부분을 투과시키고, 이에 충돌하는 광의 제2 부분을 반사한다. 단순화를 위해, 빔을 효과적으로 분할하는 평면만이 도시되고, 빔 스플리터 기판은 도시되지 않았다.

- [0103] 빔 스플리터(8)에서, 그에 상응하게 참조 광(6)은 2개의 참조 광 부분 빔(11, 12)으로 분할된다. 참조 광 부분 빔(11)은 제1 간섭계 아암(13)에서 역반사기(15)로 전파되고, 여기에서 반사된다. 참조 광 부분 빔(12)은 제2 간섭계 아암(14)에서 역반사기(16)로 전파되고, 여기에서 반사된다. 역반사기(15, 16) 각각은 큐브의 내부 코너에 대응하는, 서로 직각으로 정렬된 3개의 미러 표면을 포함한다. 역반사기(15, 16)에 의해 다시 반사된 참조 광 부분 빔(11, 12)은 빔 스플리터(8)에 다시 충돌하고, 부분적으로 여기에서 반사되고 부분적으로 투과되어, 빔 스플리터(8) 이후에 출력측 광축(2b)을 따라 중심 전파 방향으로 출력측 참조 광(17)이 획득된다. 이러한 참조 광(17)은 다시 반사된 참조 광 부분 빔(11, 12)의 중첩으로부터 획득된다.
- [0104] (대안적인 설계에서 개별 부분 빔 형태의) 출력측 참조 광(17)은 수집 요소(18), 여기서는 집광 렌즈에 의해 참조 광 검출기(19)에 포커싱되고, 이 참조 광 검출기는 여기서 4개의 검출기 면을 갖는 사분면 다이오드로 설계된다[이들 중, 단지 2개의 검출기 면(19a, 19b)만을 도 1에서 볼 수 있다]. 제1 쌍의 검출기 면들(19a, 19b)은 제1 방향(ER)으로 정렬되고, 제2 쌍의 검출기 면들은 제2 방향(ZR)(도면의 평면에 대해 수직)으로 정렬된다; 2개의 방향(ER, ZR)은 출력측의 광축(2b)에 대해 수직으로 위치된다. 출력측 광축(2b)은 빔 스플리터(8)에서 입력측 광축(2a)을 미러링함으로써 주어진다.
- [0105] 유용한 광(4)은 또한 빔 스플리터(8)에서 간섭계 아암(13, 14)으로 유용한 광 부분 빔으로 분할되고, 이 유용한 광 부분 빔은 역반사기(15, 16)에서 반사되고, 빔 스플리터(8) 이후에 중첩되어 출력측 유용한 광(20)을 형성한다. 출력측 유용한 광(20)은 유용한 광을 위한 출력부(21)를 통과하고, 유용한 광 검출기(도시되지 않음)에서 검출된다.
- [0106] 여기서 2개의 역반사기(15, 16)는 회전축(23) 주위를 진동할 수 있는 공통 진자(22)에 부착된다; 이를 통해 간섭계 아암(13, 14)의 광 경로차가 변경될 수 있다. 진자 진동을 통해 연속적인 이동 사이클이 설정될 수 있다. 진자(22)에는 여기서 고정 배치되는 영구 자석 및 진자(22) 상에 배치되는 전자기 코일을 포함하는 드라이브(24)가 제공된다. 진자(22)는 코일에 전기 전류를 인가함으로써 편향될 수 있다.
- [0107] 베어링 공차로 인해 또는 또한 온도 변동으로 인해, 관련 광축(2a, 2b)에 대한 빔 스플리터(8)의 정렬 및 역반사기(15, 16)의 측면 정렬(즉, 광축에 대한 횡 방향의 정렬)이 변경될 수 있으며, 이는 유용한 광(20)에서 참조 광(17)에서와 본질적으로 동일한 방식으로, 빔 스플리터(8) 이후에 간섭계 아암으로부터의 중첩된 부분 빔의 측면 전단을 발생시킬 수 있다. 참조 광 검출기(19) 또는 이것의 검출기 면(19a, 19b)에서 측정된 참조 광 성분의 위상 변위에 의해 제어되는, 액추에이터(9, 10)에 의해 빔 스플리터(8)를 기울어지게 함으로써, 이러한 측면 전단이 보정되거나 또는 제거될 수 있다(이를 위해 도 6 참조).
- [0108] 도 2는 도 1의 간섭계 조립체를 측면도로 도시하고, 여기서 단순화를 위해 유용한 광은 도시되지 않는다.
- [0109] 입력측 참조 광(6)은 우선 측정 구조의 하부 영역에서 전파되고, 출력측 참조 광(17)은 상부 영역에서 측정 구조를 통과한다. 이를 통해, 측정 구조의 중앙 영역이 유용한 광을 위해 이용 가능할 수 있다.
- [0110] 도 3에서 측면도로 도시되어 있는 빔 스플리터(8)에서는, 이에 따라, 상부 및 하부 부분에 참조 광(레이저 광)을 위한 기화(25)가 설정될 수 있고, 중간 부분에 유용한 광(광대역 IR 복사)을 위한 기화(26)가 설정될 수 있다.
- [0111] 빔 스플리터(8)는 회전 포인트(27)에 장착되고, (도 3의 도면의 평면에 대응하는) 빔 스플리터 평면에 대해 수직인 액추에이터(9, 10)에 의해 편향될 수 있다. 이에 의해, 액추에이터(9)의 작동은 제1 축(UA1)을 중심으로 한 빔 스플리터(8)의 기울어짐을 생성하고, 액추에이터(10)의 작동은 제2 축(UA2)을 중심으로 한 빔 스플리터(8)의 기울어짐을 생성한다. 선형으로 독립된 축(UA1, UA2)은 여기서 서로 직교하고 그리고 또한 빔 스플리터 평면의 법선에 직교하여 연장된다.
- [0112] 도 4는 본 발명에 따른 간섭계 조립체(1)의 제2 실시예를 개략적인 평면도로 도시한다; 이 실시예는 도 1의 실시예와 유사하므로, 여기서는 기본적인 차이점만을 설명하도록 한다. 단순화를 위해, 다시 참조 광만이 도시되어 있다.
- [0113] 이 실시예에서, 역반사기(15)는 간섭계 아암(13, 14)의 경로차를 변경하기 위해, 상세하게 도시되지 않은 드라이브에 의해 광축(2a)을 따라 이동될 수 있다("이동식 역반사기"). 또한, 역반사기(16)는 간섭계 아암(13, 14)으로부터의 중첩된 부분 빔(11, 12) 사이의 임의의 측면 전단을 보상하기 위해, 2개의 액추에이터(9, 10)에

의해 편향될 수 있다. 액추에이터(9)에 의해, 역반사기(16)는 광축(2b)에 수직인 방향(R1)을 따라(도 4의 도면의 평면에서) 이동될 수 있으며, 액추에이터(10)에 의해, 역반사기(16)는 마찬가지로 광축(2b)에 수직인 방향(R2)으로(도 4의 도면의 평면에 수직으로) 이동될 수 있다. 그러나, 역반사기(16)는 광축(2b)을 따라 이동될 수 있는 경우도 있다("비-이동식 역반사기"). 빔 스플리터(8)는 이 실시예에서 조정 가능하지 않다.

- [0114] 도 5는 도 4의 간섭계 조립체(1)의 전체 개요를 도시한다.
- [0115] 도 5의 표현에서, 유용한 광원(30)을 볼 수 있는데, 그 광대역 IR 광[유용한 광(4) 참조]은 렌즈(31)에 평행화된다. 간섭계 아암(13, 14)을 통과한 후, 출력측 유용한 광(20)은 추가 렌즈(32)에서 유용한 광 검출기(33)에 포커싱되고; 추가 렌즈(32)와 유용한 광 검출기(33) 사이에 여기서 검사될 샘플(34)이 배치되고, 이는 투과하도록 조사된다.
- [0116] 참조 광원(5)에 의해 생성되어 발산 요소(7)에 의해 확산되는 참조 광(6)은 출력측 참조 광(17)으로서 간섭계 아암(13, 14)을 통과한 후에, 부분적으로는 수집 요소(18)에 의해, 여기서 유용한 광 검출기(33) 근처에 있는 참조 광 검출기(19)에서, 부분적으로는 또한 여기서 유용한 광원(30) 근처에 배치되는 추가 참조 광 검출기(19')에서 등록된다. 이를 통해, 역반사기(15)가 이동될 때 간섭계 아암(13, 14)의 경로차가 변경될 때 방향을 결정하는 것을 가능하게 한다. 본 발명에 따르면, 역반사기(16)는 측면 전단을 보상할 수 있도록 액추에이터(9, 10)에 의해 광축(2b)에 대해 횡 방향으로 변위될 수 있다. 적어도 3개의 검출기 면을 포함하는 참조 광 검출기(19)에서, 이를 위해 참조 광의 빔 성분 간의 위상차가 결정된다(이와 관련하여 도 6 참조). 추가 참조 광 검출기(19')는 단일 요소로서 설계된다.
- [0117] 유용한 광 검출기(33)에서 획득되어 샘플(34)에 대한 정보를 포함하는 신호는 증폭기(35)에서 증폭되고, A/D 변환기(36)에서 디지털화되어, 더 상세히 도시되지 않는 평가 컴퓨터로 전송된다. 또한, 유용한 광 신호는 디스플레이(37)에 출력될 수 있다.
- [0118] 도 5에 도시된 실시예에서, 참조 광 검출기(19)는 참조 광원(5)에 대해 대향하는 측에 배치되고, 추가 참조 광 검출기(19')는 참조 광원(5)과 동일한 측에 배치된다. 또한 예를 들어, 참조 광 검출기(19)가 참조 광원(5)과 동일한 측에 배치되고 추가 참조 광 검출기(19')는 참조 광원(5)에 대해 대향하는 측에 배치되는 역 배치도 가능하다라는 점에 주목해야 한다.
- [0119] 도 6은 본 발명에 따른 간섭계 조립체의 액추에이터(9, 10)를 제어하기 위한 조절 전자 장치(38)를 더 상세히 설명한다.
- [0120] 여기서 참조 광 검출기(19)는 총 4개의 검출기 면(19a-19d)을 포함하는 사분면 다이오드로서 설계되고, 이 중에서 3개의 검출기 면(19a, 19b, 19c)은 본 발명에 따른 제어를 위해 필요하다. 한 쌍의 검출기 면들(19a, 19b)은 제1 방향(ER)으로 정렬되고, 한 쌍의 검출기 면들(19a, 19c)은 제2 방향(ZR)으로 정렬된다. 2개의 방향(ER, ZR)은 서로 직교하고, 또한 검출될 참조 광의 평균 입사 방향에 대해서도 직교한다(도면의 평면에 수직). 검출기 면(19a-19d)은 빔 스플리터 이후에 참조 광(즉, 상이한 방향으로 연장되는 상이한 참조 광 성분)의 상이한 방향으로부터 조명이 비춰져, 이에 따라 하이딩거링의 상이한 국소 영역을 볼 수 있다; 검출기 면(19a)의 부분은 바람직하게는 광축(2b)의 방향으로 위치한다.
- [0121] 하나의 이동 사이클 내에서 간섭계 아암 사이의 경로차는 변경되고, 이를 통해 시간적 교대로 참조 광의 건설적인 그리고 파괴적인 간섭이 발생한다; 경로차의 균일한 진행이 발생하는 경우, 검출기 면(19a, 19b, 19c)에서 각각의 전류-전압 변환기(44a-44c)에 의해 증폭된 후 시간(t)의 함수로서 대략 사인파 형상의 신호(Sa, Sb, Sc)가 획득된다. 검출기 면(19a)에서의 신호(Sa)는 여기서 2개의 쌍(19a/19b 및 19a/19c)에 대한 공통 참조 신호이다.
- [0122] 빔 스플리터(8) 이후의 중첩된 참조 광 부분 빔의 측면 전단에 따라, 신호(Sa 및 Sb) 사이에 그리고 신호(Sa 및 Sc) 사이에 위상차가 발생한다.
- [0123] 설명된 변형예에서, 우선 참조 신호(Sa)의 주기(Tperiod)는, 인접한 교차(DA1, DA2) 사이의 시간 간격이 이 신호(Sa)의 평균 신호 진폭("이동 평균값" 또는 "영점 교차")에 의해 결정됨으로써, 결정된다.
- [0124] 신호(Sb)에 대해서는, 이 경우 교차(DB)의 위치는 이 신호의 평균 신호 진폭에 의해 결정되고, 시간 간격
- [0125]  $T_x = DA1 - DB$
- [0126] 이 결정된다. 신호(Sc)에 대해서도, 동일한 방식으로 교차(DC)의 위치는 이 신호의 평균 신호 진폭에 의해 결

정되고, 시간 간격

- [0127]  $T_y = DA1 - DC$
- [0128] 이 결정된다. 신호(Sa 및 Sb) 사이의 Phase x(위상차 x라고도 함)는 이 경우 다음과 같이 생성된다
- [0129]  $Phase\ x = T_x/T_{period} * 2\pi$ .
- [0130] 신호(Sa 및 Sc) 사이의 Phase y(위상차 y라고도 함)는 다음과 같이 생성된다
- [0131]  $Phase\ y = T_y/T_{period} * 2\pi$ .
- [0132] 액추에이터(9, 10)를 제어하기 위해, Phase x 및 Phase y는 반복적으로 결정되고(일반적으로 이동 사이클의 결정된 부분 동안에만, 예를 들어 "0" 경로차, ZPD = 0 경로차 주변), 관련된 저장된 목표 값과 비교된다. 목표 값에서 벗어나는 경우, 액추에이터(9, 10)는 재조정된다.
- [0133] 이를 위해, 바람직하게는 Phase x, y를 평가하는 디지털 비례 적분 제어기(PI 제어기)(40)가 사용된다. 이들의 출력 신호는 D/A 변환기(41)에 의해 아날로그 신호로 변환되고, 고전압 증폭기(42, 43)에서 증폭되며, 액추에이터(여기서 피에조 액추에이터)(9, 10)에 인가된다. 이를 통해, 간섭계 조립체는 검출기 면(19a/19b 및 19a/19c)의 신호 사이의 일정한 위상차로 설정될 수 있고, 이에 따라 일정한(그리고 일반적으로 최소의) 측면 전단이 달성될 수 있다.
- [0134] 위상차, 즉 Phase x 및 Phase y의 값에 대한 저장된 목표 값은 일반적으로 간섭계 조립체가 처음 시작될 때 결정된다. 유용한 광 검출기에서 유용한 광의 최대 강도를 획득할 수 있는 역반사기의 조정 위치를 찾는다; 이러한 조정 위치는 일반적으로 최소 측면 전단에 해당한다. 최대 유용한 광 강도에서 측정된 Phase x, Phase y에 대한 값은 조정될 향후 목표 값이 된다. Phase x, Phase y의 이러한 목표 값들은 일반적으로 0° 에서 벗어나고, 일반적으로 +/- 35° 까지의 범위에서 발견된다는 점에 유의해야 한다. 위상 결정은 항상 "0"의 경로차 주변에서 이동 사이클의 동일한 부분 영역에서 수행되어야 하는데, 왜냐하면 위상 위치는 일반적으로 이동 사이클에 걸쳐 변화되며, 본질적으로 ZPD 부근에서만 참조 광 검출기의 조명과 독립적이기 때문이다.
- [0135] 도 7은 여기서 ZPD 위치에서(경로차 0), 2개의 방향(x 및 y)으로의 측면 전단으로 인해 역반사기가 극도로 강하게 오정렬된 경우, 사분면 다이오드(이에 대해서는 도 6 참조)에 의해 형성되는 참조 광 검출기에서 시뮬레이션된 강도 분포(밝은/낮은 점 밀도 = 고 강도; 어두운/높은 점 밀도 = 낮은 강도)를 도시하고 있다. 강한 조정으로 인해, 왼쪽 상단으로부터 오른쪽 하단으로 연장되는 복수의 간섭 줄무늬(4개의 밝은-어두운-전이를 포함함)를 볼 수 있다; 여기서 해당 위상차는 360° 보다 크므로, 검출기 면의 신호를 통한 위상 할당이 더 이상 명확하지 않다.
- [0136] 도 8은 참조 광 검출기(도 6 참조)에서 시뮬레이션된 강도 분포를 도시하며, 여기서 다시 ZPD 위치에서, x 및 y에서 매우 더 작은 오정렬이 존재한다. 위상차는 여기서 x 및 y에서 각각 약 180° 이며, 검출기 면의 신호를 통해 양호하게 결정될 수 있다. 오직 하나의 밝은-어두운-전이만을 볼 수 있고, 여기서 밝은 간섭 줄무늬가 왼쪽 상단으로부터 오른쪽 하단으로 연장된다. 실제로 역반사기의 오정렬은 훨씬 더 적고, 이 경우 관찰된 위상차는 그에 상응하게 훨씬 더 작다(그러나 이것은 더 이상 도면에서 인식될 수 없다).
- [0137] 도 7 및 도 8에는, 참조 광 검출기의 다양한 검출기 면 쌍의 신호의 위상차가 측면 전단으로 인한 오정렬의 정도에 어떻게 의존하는지가 도시되어 있고, 따라서 위상차를 각각의 목표 값으로 조정함으로써 측면 전단에 대한 일정한 조정 위치가 달성될 수 있다.

**부호의 설명**

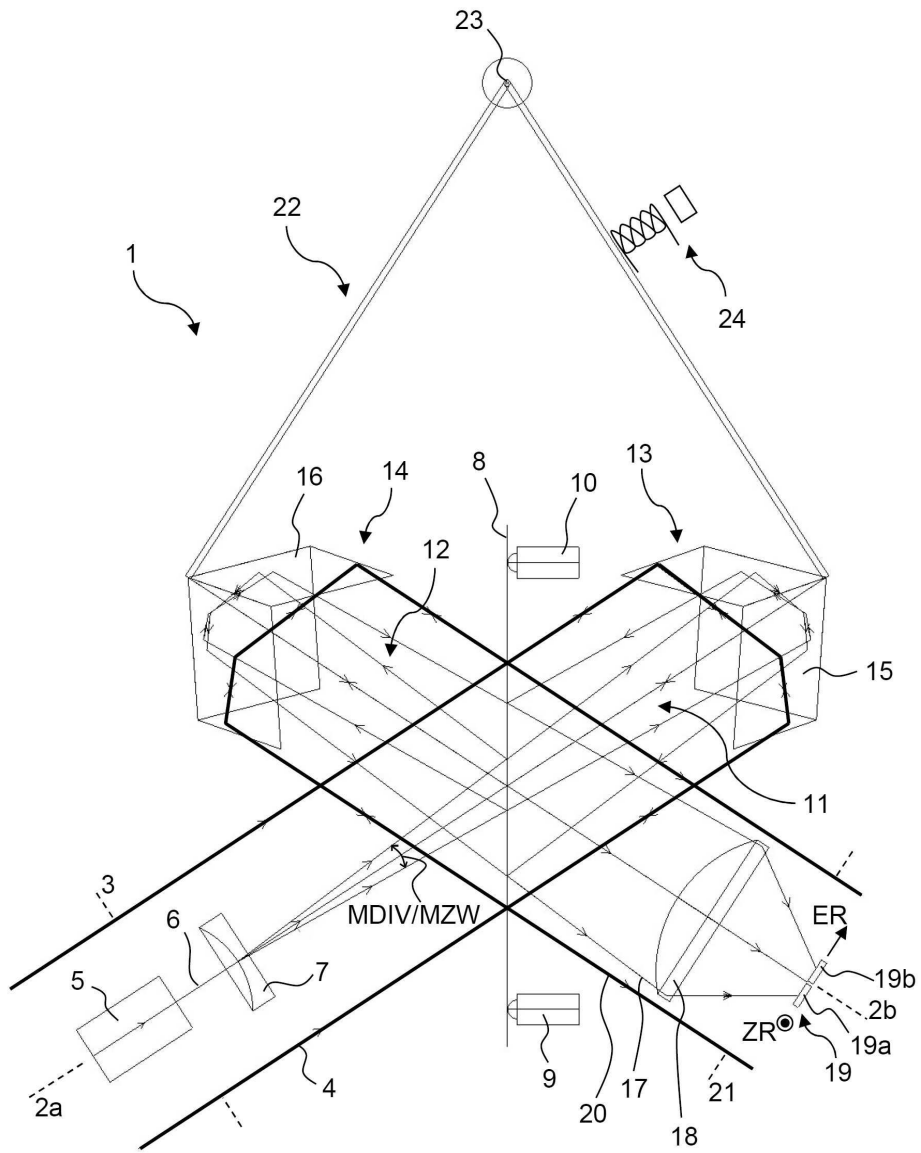
- [0138] 1 : 간섭계 조립체    2a : 입력측 광축
- 2b : 출력측 광축    3 : 유용한 광을 위한 입력부
- 4 : 유용한 광    5 : 참조 광원
- 6 : 참조 광    7 : 발산 요소
- 8 : 빔 스플리터    9, 10 : 액추에이터
- 11, 12 : 참조 광 부분 빔    13, 14 : 간섭계 아암



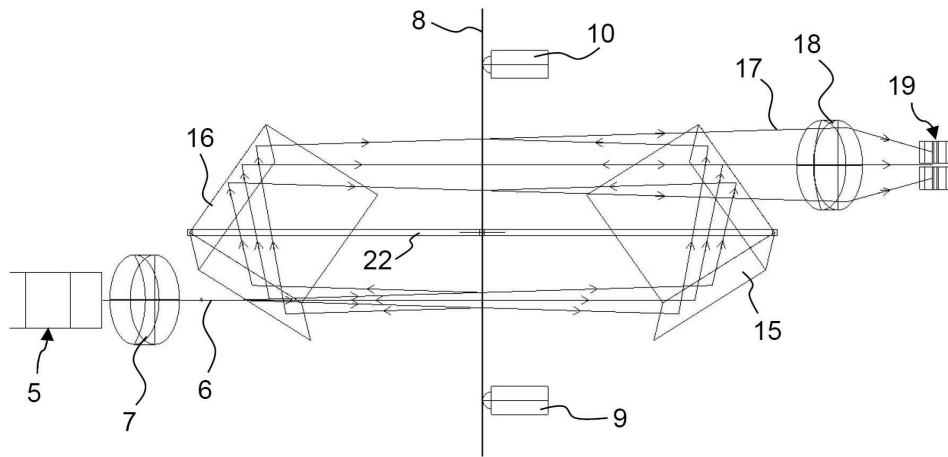
15, 16 : 역반사기    17 : 출력측 참조 광  
 18 : 수집 요소    18' : 추가 수집 요소  
 19 : 참조 광 검출기  
 19' : 추가 참조 광 검출기(단일 요소)  
 19a-19d : 참조 광 검출기의 검출기 면  
 20 : 출력측 유용한 광    21 : 유용한 광을 위한 출력부  
 22 : 진자    23 : 회전축  
 24 : 드라이브    25 : 참조 광을 위한 기화  
 26 : 유용한 광을 위한 기화    27 : 회전 포인트  
 30 : 유용한 광원    31 : 렌즈  
 32 : 추가 렌즈    33 : 유용한 광 검출기  
 34 : 샘플    35 : 증폭기  
 36 : A/D 변환기    37 : 디스플레이  
 38 : 조절 전자 장치    40 : PI 제어기  
 41 : D/A 변환기    42, 43 : 고전압 증폭기  
 44a-44c : 전류-전압 변환기    DA1, DA2 : 영점 교차(신호(Sa))  
 DB : 영점 교차(신호(Sb))    DC : 영점 교차(신호(Sc))  
 ER : 제1 방향(참조 광 검출기의 검출기 면)  
 Phase x : 위상차(신호(Sa, Sb))    Phase y : 위상차(신호(Sa, Sc))  
 R1 : 제1 방향(역반사기)    R2 : 제2 방향(역반사기)  
 Sa-Sc : 검출기 면의 신호    t : 시간  
 Tperiod : 주기 길이    Tx : 영점 교차(DA1, DB) 사이의 간격  
 Ty : 영점 교차(DA1, DC) 사이의 간격  
 UA1 : 제1 선형 독립 축    UA2 : 제2 선형 독립 축  
 ZR : 제2 방향(참조 광 검출기의 검출기 면)

도면

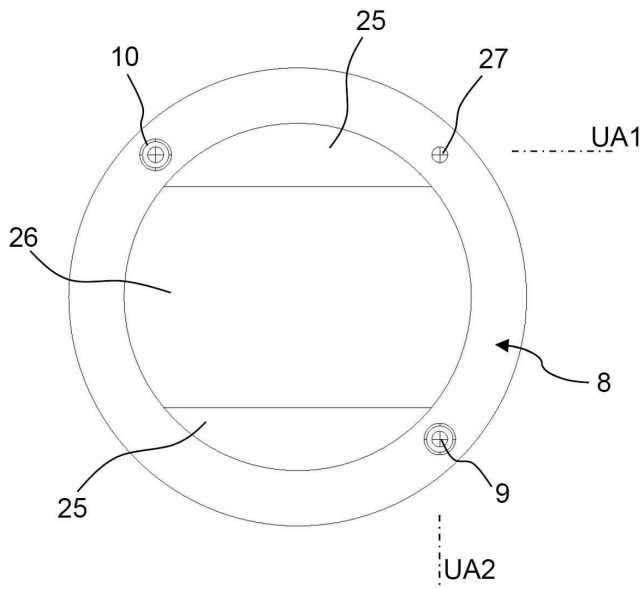
도면1



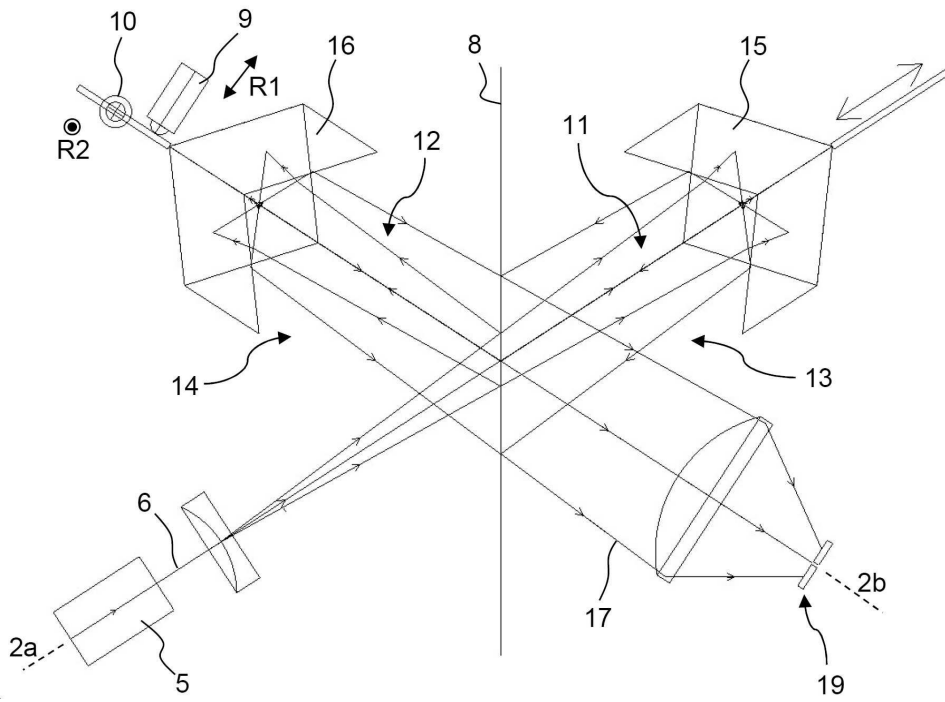
도면2



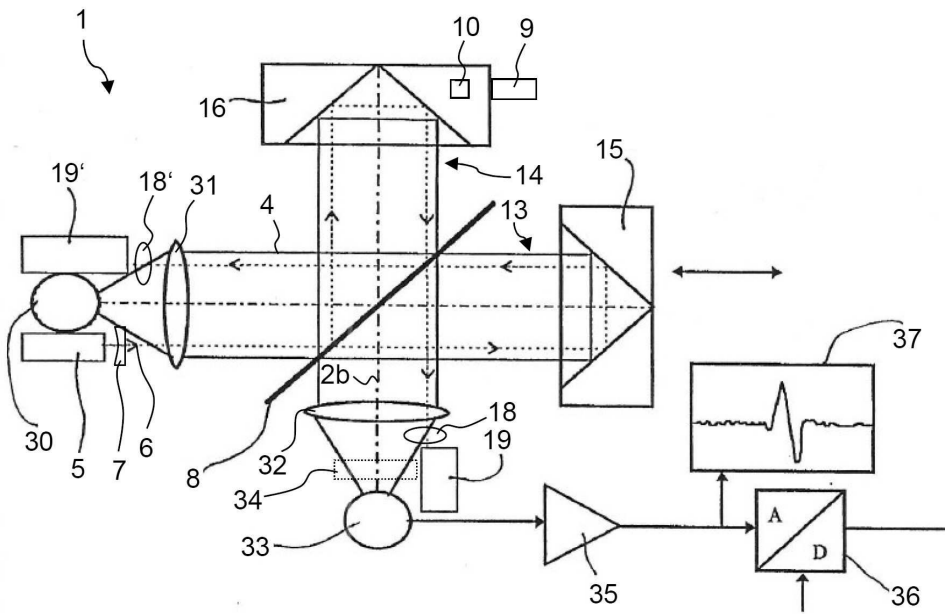
도면3



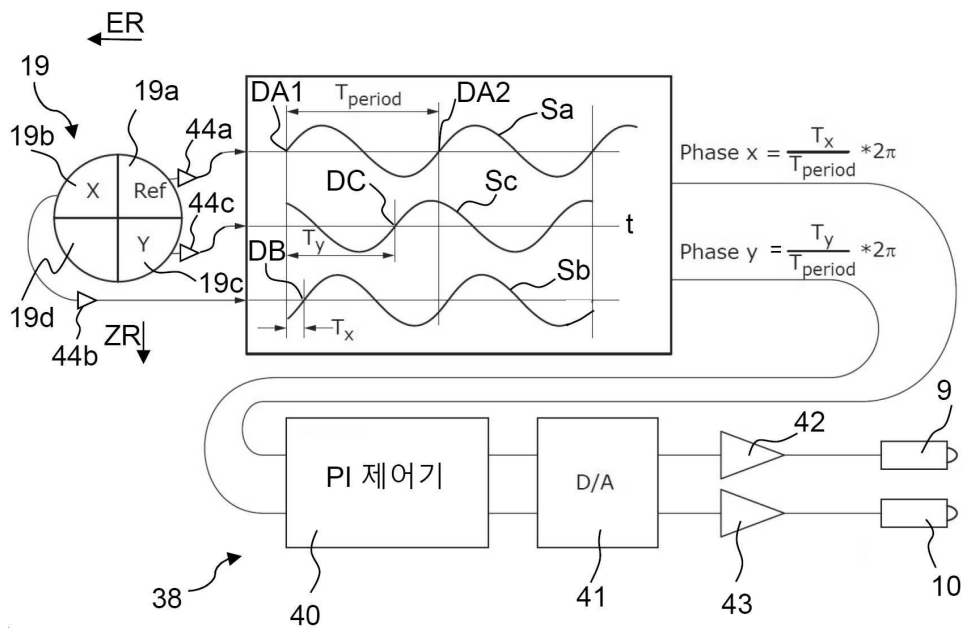
도면4



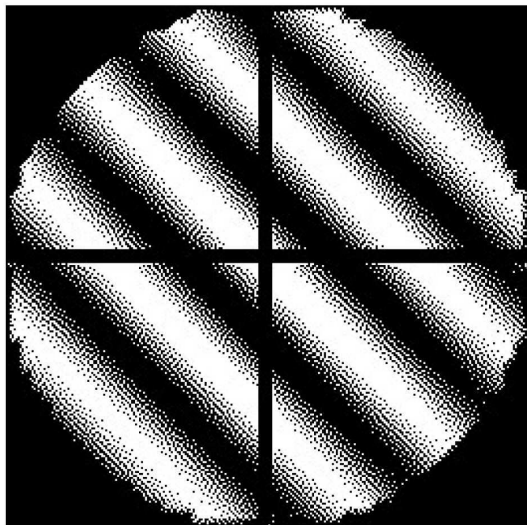
도면5



도면6



도면7



도면8

