(19)대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(51) 。Int. Cl.[6]
B23Q 17/22
B23Q 17/00

(45) 공고일자 2004년08월02일
(11) 등록번호 10-0434007
(24) 등록일자 2004년05월21일

(21) 출원번호 10-1997-0030726
(22) 출원일자 1997년07월02일

(65) 공개번호 10-1998-0008447
(43) 공개일자 1998년04월30일

(30) 우선권주장 08/676,872 1996년07월03일 미국(US)

(73) 특허권자 애질런트 테크놀로지스, 인크.
미합중국 캘리포니아 (우편번호 94306-2024) 팔로 알토 페이지 밀로드 395

(72) 발명자 보크먼 죤 제이
미국 캘리포니아주 95051 산타 클라라 매플우드 레인 2644

(74) 대리인 김창세
장성구

심사관 : 김천희

(54) 회전기준프레임내의물체의위치변화를측정하기위한방법및장치

요약

본 발명은 회전 기준 프레임에 배치된 아이템의 위치 변화를 측정하는 개선된 교류형 간섭계 도량형 장치를 제공한다. 회전 기준 프레임은 고정된 기준 프레임에 대해 시간 경과에 따라 회전 각도를 축적한다. 편광 비임 스플리터, 기준 경로 리플렉터 및 측정 경로 리플렉터를 포함하는 간섭계와 1/4 파장 판은 모두 회전 기준 프레임 내에 장착된다. 측정 경로 리플렉터는 회전 기준 시스템의 회전 축에 직교하는 축을 따라서 그것의 방사상 위치의 변화를 측정할 수 있도록 아이템에 장착된다. 본 발명의 바람직한 실시예에 있어서, 고정 기준 프레임내의 요소들은 2개의 주파수 레이저 광원과, 고정 1/4 파장 판과, 수신기와 신호 프로세서이다. 수신기는 회전 간섭계의 측정 경로 및 기준 경로간의 광 경로 길이의 변화와, 레이저 광원으로부터 비임의 2 주파수간의 차이와 회전 각도를 나타내는 정보를 수용하는 측정 신호를 생성한다. 신호 프로세서는 측정 신호와, 레이저 광원의 주파수의 차이를 나타내는 기준 신호와, 회전 각도에 비례하는 정보를 저장한 회전 인코더로 부터의 신호를 수신한다. 신호 프로세서는 위치 변화의 측정치를 나타내는 신호를 생성한다. 본 발명의 다른 실시예에 있어서, 회전 인코더는 회전 각도와 레이저 광원으로부터 비임의 2 주파수의 차이에 대한 정보를 수용하는 광 신호를 자동적으로 생성하는 부가된 광학적 요소들로 대체된다.

대표도

도 1

명세서

도면의 간단한 설명

도 1은 본 발명의 바람직한 실시예의 개략적 선도,
도 2는 본 발명의 변형 실시예의 부분적 선도로서, 1/4 파장 판이 간섭계로부터 분리된 회전 기준 프레임내에 장착된 것을 도시하는 도면,

도 3은 본 발명의 다른 바람직한 실시예를 도시한 선도로서, 1/4 파장 판의 회전으로 인한 주파수 변경이 광학 비임을 사용하여 수정되는 것을 도시하는 도면,
도 4는 본 발명의 다른 변형 실시예의 부분 선도로서, 1/4 파장 판이 간섭계로부터 분리된 회전 기준 프레임에 장착된 것을 도시하는 도면,
도 5는 광 비임들이 동축관계인 본 발명의 또 다른 변형 실시예의 선도,
도 6은 1/4 파장 판이 간섭계로부터 분리된 회전 기준 프레임에 장착된 것을 도시한 본 발명의 또 다른 실시예의 부분 선도,
도 7은 1/4 파장 판의 회전으로 인한 주파수 변경이 광 비임을 사용하여 수정되는 것을 도시한 본 발명의 또 다른 실시예의 선도,
도 8a는 본 발명의 다른 실시예의 선도로서, 레이저 헤드가 서로에 대해서 좌 우 원형 편광을 가지는 2 중 비임을 발생시키는 것을 도시하는 도면,
도 8b는 본 발명의 또 다른 실시예의 선도로서, 레이저 헤드가 좌 우 원형 편광 상태를 가진 2 중 비임을 발생시키며 1/4 파장 판의 회전으로 인한 주파수 변경이 광학 비임을 사용하여 교정되는 것을 도시하는 도면.

도면의 주요부분에 대한 부호의 설명

10, 300, 500, 840: 간섭 장치
12, 802: 레이저 헤드 14, 16, 25, 27 : 비임
18, 24, 200, 309, 315: 1/4 파장 판
26: 회전 기준 프레임 28: 회전축
34, 305, 504: 편광 비임 스플리터
48: 수신기 49, 338: 비임 벤더
54, 344: 보상기

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

본 발명은 간섭계(interferometer)를 사용하여 물체의 위치 변화를 측정하는 방법 및 장치에 관한 것으로, 특히 물체가 회전 기준 프레임에 위치하는 동안 이러한 측정을 수행하기 위한 방법 및 장치에 관한 것이다.
물체가 회전 기준 프레임내에 배치될 때 그것의 선형 변위 또는 각 변위와 같은 물체의 위치 변화를 측정하는 것이 필요하다. 예를 들면, 공작물이 고정 기준 프레임에 고정 지지되고 절단 공구가 스핀들에 의해서 회전하는 CNC 선반에 있어서, 공작물을 완성된 형상으로 가공하도록 사용되는 절단 공구가 회전할 때 이 절 단 공구의 방사상 위치를 측정하는 것이 매우 바람직할 것이다. 종래 기술에 있어서, 고정된 기준 프레임에서 절단 공구의 방사상 위치를 통제하는 기계식 링크의 위치를 측정하는 것에 의해서 절단 공구의 방사상 위치를 간접적으로 측정하는 것이 공지되어 있다. 그러나, 이러한 간접 측정의 정확도는 아베 옵셋(Abbe offset), 열 팽창, 히스테리시스 및 기계식 링크의 백래시(back lash)와 같은 문제점에 의해 제한된다. 다시 말하면, 방사상 위치의 측정 포인트는 회전 공구에 또는 회전 공구에 가깝게 위치하지 않는다. 그대신, 방사상 위치는 연결봉(draw bar)의 부분상에 장착된 측정 스케일의 이동량으로부터 추론한다. 연결봉은 기계식으로 연결되며 절단 공구로부터 상당한 거리를 두고 회전 스핀들의 외측에 위치한다.
선형 위치 또는 각 위치의 변화를 측정할 수 있는 교류(AC)형 간섭계는 종래 기술에 잘 알려져 있다. 이것의 전형적인 예는 본 출원인인 휴렛 팩카드 캄파니(HP)에 양도된 바글리 등(Bagley, et al)의 미국 특허 제 3,458,259 호에 개시되어 있다. HP는 또한 여러 종류의 변위 측정을 위한 간섭계를 구비하고 있는 HP 5517A 레이저 변환기 시스템과 같은 상업용 제품을 시판한다. 이러한 HP 시스템은 변위 측정치를 나타내는 정보를 포함하는 전기적 신호를 발생시킨다. 이 전기적 신호는 물체의 측정 또는 제어 동작을 디스플레이하는 것과 같은 목적으로 후속 회로 및 장치에 적용하기에 용이하다. 회전하는 절단 공구의 방사상 위치를 정확하게 측정하는 간섭계 도량형 시스템을 사용하는 것이 바람직할 것이다. 간섭계 광학 장치(interferometric optics)는 비교적 작고 스핀들과 함께 회전하도록 장착될 수 있으며 공구의 방사상 위치를 직접 측정 하도록 사용될 수 있다. 그러나, 종래의 교류형 간섭계 도량형 시스템은 이 간섭계 광학 장치가 스핀들과 함께 회전하도록 장착된다면 적절한 기능을 수행하지 않을 것이다. 레이저 광원, 간섭계 광학 장치 및 광 신호에 반응하기 위한 수신기를 모두 스핀들과 함께 회전하도록 장착하는 것은 개념상으로는 가능하다. 그러나, 여러가지 이유로, 이 배치는 대부분의 CNC 선반에 대해서는 실행되지 않는다. 예를 들면, 공간 한계와, 도량형 시스템의 전기적 요소에 전력을 공급하는데 따른 문제점과, 회전 기준 프레임으로부터 전기적 신호를 획득하는데 따른 복잡한 문제가 발생한다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

종래 기술의 이러한 문제점과 한계는 본 발명의 지시에 따라 제조된 본 발명의 간섭 장치에 의해서 해결된다. 새롭고

개선된 교류형 간섭계 도량형 장치는 회전 기준 프레임에 위치한 회전 스핀들에 의해서 지지된 공구의 위치를 측정하도록 사용된다. 바람직한 실시예에 있어서, 회전 기준 프레임은 스핀들의 회전축을 중심으로 회전하며, 이 축은 공구가 설치된 방사상 축에 직교한다. 고정된 기준 프레임에 장착된 종래의 2 주파수 레이저 광원은 서로간에 규정된 양만큼 상이한 주파수를 각각 가진 이중 비임(twin beam)을 전송한다. 레이저 광원으로부터 전송되는 비임은 서로에 대해서 선형 및 직각 편광 상태(linear and orthogonal polarization states)를 가지는 비임으로부터 좌우 원형 편광 상태(right and left circular polarization states)를 가지는 입력 비임으로 변환된다. 그다음, 입력 비임은 회전 기준 프레임에 장착된 1/4 파장 판(quarter wave plate)에 전송되고, 회전 기준 프레임과 함께 회전하는 선형 및 직각 편광 상태를 가지는 비임으로 변환된다. 회 전 기준 프레임에 장착된 간섭계는 기준 경로 리플렉터과, 측정 경로 리플렉터과, 편광 비임 스플리터(polarizing beam splitter)를 포함한다. 편광 비임 스플리터는 1/4 파장 판의 속축(速軸: fast axis)에 대해 45 ° 각도로 배열된 편광 축을 갖는다. 이러한 배열은 편광 비임 스플리터가 2개의 비임을 분할하여 하나의 주파수를 가진 하나의 비임이 회전축에 평행한 기준 경로를 따라 기준 경로 리플렉터에 전송되게 하는 것을 보장한다. 비임 스플리터는 다른 주파수를 갖는 다른 하나의 비임을 방사상 축에 평행한 경로를 따라서 장치에 연결된 측정 경로 리플렉터에 반사한다.
기준 및 측정 경로 리플렉터으로부터 각각 복귀된 비임은 편광 비임 스플리터 및 1/4 파장 판을 통하여 역방향으로 전송된다. 좌 우 원형 편광이 발생함에 따라, 1/4 파장 판으로부터 발생하는 2개의 비임은 그 다음 고정된 프레임에 장착된 제 2의 1/4 파장 판에 전송되며 그 다음 서로에 대해서 선형 및 직각 편광 상태를 가지는 비임으로 변환된다. 고정된 기준 프레임에 장착된 수신기는 중간 측정 신호를 발생시키기 위해서 제 2의 1/4 파장 판을 통과한 후에 복귀 비임에 응답한다. 그러나, 회전 기준 프레임내의 1/4 파장 판이 그것을 앞뒤로 통과하는 광 비임에 기준 프레임의 각도 회전에 비례하는 주파수 이동을 야기하기 때문에, 중간 측정 신호는 원치 않는 요소를 포함한다. 단일 프로세서는 중간 측정 신호와, 광원으로부터의 기준 신호와, 그리고 회전 1/4 파장 판의 각도 회전의 측정을 나타내는 특수 신호를 수신하도록 결합된다. 신호 프로세서는 원치 않는 요소들을 제거하고 또 측정 리플렉터의 방사상 위치변화의 측정값을 나타내는 신호를 제공하도록 작동한 다.
본 발명의 바람직한 실시예에 있어서, 특수 신호는 회전 기준 프레임의 각도 회전량을 측정하도록 배열된 회전 인코더(encoder)에 의해서 제공된다. 변형 실시예에 있어서, 회전 인코더는 광학 기기로 대체된다. 간략하게 설명하면, 이 변형 실시예는 서로에 대해 선형 및 직각 편광 상태를 가지는 제 2 쌍의 입력 비임과 회전 기준 프레임과 함께 회전하는 편광 축을 사용할 것을 요구한다. 특수하게 변형된 간섭계는 제 2 쌍의 입력 비임이 간섭계를 통하여 전송되고 또 편광 비임 스플리터를 우회하도록 배열된다. 제 2 쌍의 비임은 기준 경로 리플렉터에 전송되어 이 리플렉터에 의해 반사된 후에, 간섭계를 통과하며(비임 스플리터를 우회함) 그리고 회전 기준 프레임에 장착된 1/4 파장 판을 통과한다. 그 다음, 이들 비임은 고정된 기준 프레임에 전송되며 서로에 대해서 선형 및 직각 편광 상태를 가지는 제 2 쌍의 복귀 비임으로 나타나기 위해 제 2의 1/4 파장 판을 통과한다. 제 2 수신기는 제 2 쌍의 복귀 비임을 혼합하여 제 2 수신기 신호를 발생시킨다. 제 2 수신기 신호는 중간 측정 신호와 조합되어 측정 리플렉터의 위치 변화의 측정값을 나타내는 신호를 직접 생성한다.

발명의 구성 및 작용

각 도면에서 동일한 참조번호는 본 발명의 공통 요소를 언급하는 것이다.
도 1은 본 발명에 따라 제조된 간섭 장치(10)의 바람직한 실시예를 도시한 것이다. 레이저 헤드(12)는 고정된 기준 프레임에 장착되며 안정화된 주파수(f1, f2)를 각각 가진 2 중의 일치된 비임(14, 16)을 발생시킨다. 2개의 비임은 주파수(f1)를 가진 하나의 비임이 주파수(f2)를 가진 다른 하나의 비임에 대해서 선형 및 직각으로 편광되도록 제공된다. 설명의 용이성을 위해, 비임(14)은 도 1의 평면에 직교하며 점(17)으로 도시한 편광 평면에서 주파수(f1)를 가지는 것으로 가정한다. 비임(16)은 도 1의 평면내에 있고 수직선(19)으로 도시한 직각 평면에서 주파수(f2)를 가지는 것으로 가정한다. 2중 비임(14, 16)은 고정 1/4 파장 판(18)에 전송된다. 고정 1/4 파장 판은 고정된 기준 프레임에 장착되며 2 중 비임을 서로에 대해서 좌 우 원형 편광[원형 화살표(21, 23)로 도시함]을 가지는 비임(20, 22)으로 변환시킨다. 2중 비임(20, 22)은 그 다음 회전 기준 프레임(26)에 장착된 1/4 파장 판(24)에 전송된다. 1/4 파장 판(24)은 이들 2 중 비임을 서로에 대해 선형 및 편광 상태를 가지는 한 쌍의 비임(25, 27)으로 변환시킨다. 회전 프레임(26)은 회전축(28)을 중심으로 회전한다. 1/4 파장 판(24)이 회전 기준 프레임에 장착되어 그것과 함께 회전하기 때문에, 비임(25, 27)의 선형 분광 축은 또한 회전 기준 프레임(26)과 함께 회전한다. 설명의 용이성을 위해, 회전 기준 프레임은 광원(12)이 장착된 고정 측정 프레임에 대해서 원형 화살표(32)로 나타낸 바와 같이 W 회전/초의 회전 주파수로 회전하는 것으로 가정한다. 비임(20, 22)은 서로 반대의 원형 편광을 갖도록 생성되기 때문에, 1/4 파장 판(24)으로부터 나오는 생성 비임(25, 27)은 W과 동일한 양만큼 각각 증가 및 하강된 주파수를 가진다. 또한, 설명의 목적상, 비임(20)은 주파수(f1)를 가지며 증가된 주파수(f1 + W)를 가진 비임(25)으로 변환되는 것으로 가정한다. 이러한 구성은 또한 주파수(f2)를 가진 비임(22)이 감소된 주파수(f2 - W)를 가진 비임(27)으로 변환되는 결과를 초래한다.
편광 비임 스플리터(34)는 회전 기준 프레임(26)에 장착되며 이 프레임과 함께 회전한다. 비임 스플리터(34)는 1/4 파장 판(24)으로부터 전송되는 2 중 비임(20, 22)을 수신하도록 배열된다. 1/4 파장 판(24)의 속축은 편광 비임 스플리터(34)의 편광 축에 대해 45 ° 의 각도로 정렬된다. 이러한 배치는 선형 및 직각 비임(25, 27)이 편광 비임 스플리터(34)가 회전함에 따라 이 스플리터(34)에 대해서 정렬된 상태로 머무르는 것을 허용한다. 비임 스플리터(34)는 주파수(f1 + W)를 갖는 비임(25)을 방사상 축(35)에 평행한 측정 경로를 따라 상향으로 측정 리플렉터(36)로 전환한다. 측정 리플렉터(36)는 바람직하게는 입방체 코너 리플렉터(cube corner reflector)이다. 측정 리플렉터(36)는 방사상 축(35)을 따라 전후로 이동할 수 있지만, 이것은 회전 기준 프레임(26)내에 장착되므로 고정된 기준 프레임에 대해서

회전한다. 본 설명에 있어서, 리플렉터(36)는 이 리플렉터가 실선으로 도시된 위치와 점선으로 도시된 위치 사이에서 거리(D)만큼 이동하는 것으로 가정한다. 리플렉터(36)를 이동 가능하게 장착하는 수단은 도시하지 않았다. 비임(25)은 측정 리플렉터(36)로 이동하여 그로부터 복귀한 후에, ±△f의 도플러 이동(doppler shift)을 갖는 비임(40)으로서 비임 스플리터(34)에 복귀한다. 공지된 바와 같이, 도플러 이동은 어느 주파수(f1 또는 f2)가 측정 리플렉터(36)의 측정 경로에 있느냐 및 측정 리플렉터의 이동 방향에 따라 양 또는 음이다.

비임 스플리터(34)는 주파수(f2 - W)를 갖는 비임(27)을 고정된 길이를 가진 기준 경로를 따라 바람직하게는 입방체 코너 리플렉터인 기준 리플렉터(38)로 보내도록 배열된다. 기준 경로는 회전 축(28)에 평행하며, 회전 기준 프레임(26)에 장 착된 리플렉터(38)는 회전축(28)을 중심으로 회전한다. 비임(27)은 리플렉터(38)에 의해 반사된 후에, 비임(42)으로서 비임 스플리터(34)에 복귀된다. 비임(42)은 도플러 이동되지 않는다.

비임(40)은 비임 스플리터(34)에 의해 반사되며 비임(42)은 비임 스플리터(34)를 통해 투과되고, 이들 양자는 1/4 파장 판(24)을 통해 보내져서 비임(43, 47)으로 변환된다. 이들 비임은 그 다음 고정 1/4 파장 판(18)을 통과하고 복귀 비임(44, 46)으로서 출현한다. 각각의 복귀 비임은 값(W)만큼 주파수가 다시 증가 또는 감소된다. 이제, 비임(44)은 주파수(f1' = f1 ±△f + 2W)를 가지며, 비임(46)은 주파수(f2' = f2 - 2W)를 가진다. 이 고정 측정 프레임에 장착된 수신기(48)는 비임 벤더(beam bender)(49)에 의해서 재지향된 비임(44, 46)을 수신하며 그리고 이들 비임을 혼합하여 주파수(f_측정 = f1' - f2' = f1 - f2 ±△f + 4W)를 가진 측정 신호(50)를 제공하도록 동작한다. 용어 'f_측정'은 분할 주파수(f1 - f2)이며, 도플러 이동(±△f)은 측정 리플렉터(36)의 이동으로부터 발생하며, 주파수 이동(4W)은 회전 기준 프레임(26)과 함께 회전하는 1/4 파장 판(24)으로부터 발생되는 것이다. 레이저 광원(12)으로부터 발생되는 기준 신호(52)는 주파수(f_기준 = f1 - f2)와, 비임(14 및 16)간의 분할 주파수를 가진다. 측정 신호(50) 및 기준 신호(52)는 보상기(54)에 전송되며, 이 보상기(54)는 주파수 차이를 결정하여 결과를 적분하는 것에 의해서 중간 신호(56)를 생성하도록 동작하는 하나의 부분(51)을 포함한다. 주파수 차이(f_diff)는 다음의 식에 의해서 계산한다.

[수학식 1]

$$f\_diff = f\_측정 - f\_기준 = \pm \triangle f + 4W$$

도플러 효과(Doppler effect)에 따르면, △f = Fv/λ 인데, 여기서 F는 간섭계 접힘 계수(interferometer fold factor)이며, v는 측정 리플렉터(36)의 속도이고, λ는 레이저 비임의 파장이다. f_diff를 적분함으로써 ϕ을 얻는데, 이것은 중간 신호(56)이며 프린지(pringe) 상이다. 다시 말하면,

[수학식 2]

$$\int f\_diff\, dt = F/\lambda \int v\, dt + 4 \int W dt = F/\lambda\, vt + 4Wt$$

vt = D[여기서, D는 리플렉터(36)에 의해 이동한 거리]이기 때문에, ϕ= DF/λ + 4Wt 이다. D = 0, W = 1 회전/초이며, t = 1 초라면, ϕ = 4 프린지/(회전 기준 프레임의 회전)이다. 따라서, 1/4 파장 판(24)이 회전 기준 프레임과 함께 회전하는 동안 리플렉터(36)의 변위의 변화의 측정중에 발생하는 주파수 변환을 보상하기 위해서, 회전 기준 프레임(26)의 4 프린지/회전의 보정이 감해질 것이 요구된다. 바람직한 실시예에 있어서, 종래의 인코더(58)는 그것의 각도 위치를 검출하고 또 인코더 신호(60)를 발생시키기 위해 회전 기준 프레임에 결합된다.

보상기(54)의 제 2 부분(53)은 중간 신호(56)와 인코더 신호(60)를 수신하며 그리고 방사상 축(35)을 따른 리플렉터(36)의 위치 변화의 측정값(D)을 나타내는 변위 신호(62)를 제공하도록 응답한다.

전술한 구성의 결과로서, 본 발명은 방사상으로 이동가능한 절단 공구를 수용한 스핀들이 축(28)을 중심으로 회전하는 CNC 선반의 응용에 사용하기에 적합하다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 측정 리플렉터(36)를 절단 공구를 지지하는 슬라이더에 부착시키는 것에 의해서 그리고 회전축(28)을 스핀들의 회전 축과 일치되게 배치하는 것에 의해서, 측정 리플렉터(36)의 변위 측정은 스핀들의 회전 축에 직교하는 방사상 축을 따라서 절단공구의 이동을 직접 측정하는 것이 된다.

도 1에 도시된 바람직한 실시예에 있어서, 1/4 파장 판(24)은 바람직하게는 간섭계(70)의 편광 비임 스플리터(34)에 부착된다. 변형예의 부분도를 도 2에 도시하였는데, 여기서 도 1의 1/4 파장 판(24) 및 간섭계(70)를 대신하여 1/4 파장 판(200) 및 간섭계(202)가 사용된다. 이 변형 실시예에 있어서, 1/4 파장 판(200)은 간섭계(202)로부터 분리된다. 도 2의 나머지 부분들(도시 않됨)은 도 1의 것과 동일하다.

도 3은 본 발명의 또 다른 바람직한 실시예를 도시한 것이다. 간섭 장치(300)에 있어서, 고정된 기준 프레임에 장착된 레이저 헤드(12)는 주파수(f1 및 f2)를 각각 가지는 2 중 비임(302, 304)과 선형 및 직각 편광을 발생시킨다. 비편광 비임 스플리터(non-polarizing beam splitter)(305)는 비임(304, 305)을 비임(14, 16)과 비임 벤더(307)로부터 출현하는 다른 한 쌍의 비임(306, 308)으로 분할한다. 비임(14, 16)은 서로에 대해서 선형 및 직각 상태를 가진다. 비임(306, 308)은 또한 점(17)과 선(19)으로 표시한 바와 같이 서로에 대해서 선형 및 직각 편광 상태를 가진다. 고정 1/4 파장 판(309)는 비임(14, 16)을 서로에 대해서 좌 우 원형 편광을 가진 비임(20, 22)으로 변환시킨다. 비임(306, 308)은 또한 고정 1/4 파장 판(309)에 의해서 서로에 대해 좌우 편광 상태를 가진 한 쌍의 비임(310, 312)으로 변환된다. 회전 기준 프레임에 장착된 1/4 파장 판(315)은 비임(14, 16)을 서로에 대해서 선형 및 직각 편광 상태를 가진 비임(25, 27)으로 변환시킨다. 비임(310, 312)은 또한 1/4 파장 판(315)에 의해서 서로에 대해서 선형 및 직각 편광 상태를 갖는 한 쌍의 비임(314, 316)으로 변환된다. 회전 기준 프레임에 장착된 간섭계(320)는 입방체의 중앙 코어부(322)와 기준 리플렉터(323)로 형성된 편광 비임 스플리터(34)를 포함한다. 리플렉터(323)는 바람직하게는 입방체 코너 리플렉터(cube corner reflector)이다. 비임 스플리터(34)와, 측정 리플렉터(36)와, 도 1과 동일한 참조번호를 가진 모든 다른 요소들은 이들 동일한 요소들에 대해 설명한 것과 같은 방식으로 배열되며 동작한다. 따라서, 비임(44, 46)

은 도 1의 실시예와 동일한 방식으로 발생되며, 비임 벤더(49)에 의해서 재지향된 후에 수신기(48)로 전송된다. 이 수신기(48)는 측정 신호(50)를 발생시킨다.
입방체(322)는 편광 비임 스플리터(34)를 둘러싸는 다른 환형 부분(324)을 포함한다. 이 환형 부분(324)은 비임(314, 316)을 기준 리플렉터(38)에 전송하며, 이 기준 리플렉터는 2개의 비임을 다시 한 쌍의 비임(326, 328)으로서 환형 부분(324)에 반사한다. 비임(326, 328)은 1/4 파장 판(315)을 통과한 후에, 서로에 대해서 좌우 원형 편광 상태를 가진 한 쌍의 비임(330, 332)으로서 출현한다. 고정 1/4 파장 판(309)은 그 다음 비임(330, 332)을 서로에 대해서 선형 및 직각 편광 상태를 가진 한 쌍의 비임(334, 336)으로 변환한다. 비임 벤더(338)는 비임(334, 336)을 기준 수신기(340)로 재지향시킨다. 이 기준 수신기는 고정된 기준 프레임에 장착되며 기준 신호(342)를 발생시키도록 동작한다. 인가된 측정 신호 및 기준 신호(342)에 반응하는 보상기(344)는 방사상 축(35)을 따라서 리플렉터(36)의 위치 변화를 나타내는 변위 신호(62)를 발생시킨다. 따라서, 도 3에 도시된 것과 같은 이 실시예는 도 1에 도시된 것과 같은 레이저 헤드(12)로부터의 신호(52) 뿐만 아니라 인코더(58)의 필요성을 배제한다.
도 3에 도시된 실시예에 있어서, 1/4 파장 판(315)은 바람직하게는 입방체(322)에 끼워진다. 도 4는 본 발명의 변형예의 부분도로서, 1/4 파장 판(315)이 입방체(322)으로부터 분리된 것을 도시하는 도면이다. 다른 요소들(도시 안됨)은 도 3의 것들과 동일하다.
도 5는 본 발명의 지시에 따라서 제조된 장치(500)의 다른 변형 실시예를 도시한 것이다. 전술한 실시예에서와 같이, 고정된 기준 프레임에 장착된 레이저 헤드(12)는 고립기(502)를 통해 전송되는 2개의 비임(14, 16)을 제공한다. 이 고립기(502)의 목적은 명세서의 후반부에 설명할 것이다. 그 다음, 2 중 비임은 비편광 비임 스플리터(504)와, 고정된 기준 플레임에 장착된 1/4 파장 판(18)을 통과하며, 그 다음 회전 기준 프레임(26)에 장착된 1/4 파장 판(24)에 전송된다. 1/4 파장 판(18)으로부터 나오는 2중 비임(20, 22)은 서로에 대해 좌우 원형 편광을 가진다. 2중 비임(25, 27)은 1/4 파장 판(24)으로부터 나온 후에, 선형 및 직각 편광 상태를 가지지만, 지금은 회전 기준 프레임(26)과 함께 회전하지는 않는다. 간섭계(70)는 측정 리플렉터(36)가 비임(40)을 복귀시키며 기준 리플렉터(38)가 비 임(42)을 복귀시키도록 도 1에 도시된 것과 같은 방식으로 동작한다. 비임(40, 42)은 1/4 파장 판(24) 및 고정 1/4 파장 판(18)을 통과한 후에 비편광 비임 스플리터(504)에 의해서 반사되어 수신기(48)에 전송되는 비임(44, 48)으로 출현한다. 고립기(502)의 목적은 임의의 복귀 비임이 역방향으로 전송되어 레이저 헤드(12)의 동작에 악영향을 미치는 것을 방지하거나 또는 상당히 감쇠시키기 위한 것이다. 적절한 광학적 고립기를 설계하고 제조하는 기술은 공지되어 있다. 광학적 감쇠기는 공지된 장치이며 많은 상쇠기가 본 발명에 사용되기에 적합하다. 감쇠기를 사용하는데 따른 단점은 낮은 비임 강도로 인해 결과적으로 효율이 낮아진다는 것을 주목해야 한다.
도 1에 도시한 것과 같은 참조 번호를 갖는 도 5의 다른 요소들은 장치(500)가 변위 신호(62)를 제공하도록 동일한 방식으로 동작한다. 이 장치(500)는 회전 기준 프레임(26)에 유입되고 또한 그로부터 유출되는 비임이 평행한 경로를 따라 이동하는 대신 동축적인 경로를 이루는 것을 제외하면 장치(10)(도 1)와 매우 유사하다. 이러한 구성은 비임의 신호 강도가 장치(10)에 사용된 것보다 낮기 때문에 도 1에 도시된 것만큼 바람직하지는 않다. 그러나, 장치(500)에 사용된 간섭계(70)는 비임이 동축을 이루므로 장치(10)보다 작을 수 있다. 이 실시예는 공간이 매우 제한된 적용에 유용하다.
도 5에 도시된 실시예에 있어서, 1/4 파장 판(24)은 간섭계(70)에 고정된다. 도 6은 1/4 파장 판(24)이 간섭계(70)로부터 분리된 다른 실시예의 부분도를 도시한 것이다. 다른 요소들(도시 않됨)은 도 5의 것과 동일하다.
도 5의 장치(500)는 인코더(58)를 사용할 것을 여전히 요구한다. 도 7에서 본 발명의 다른 변형 실시예를 도시하였는데, 여기서 장치(700)는 인코더와 레이저 헤드(12)로부터의 기준 신호에 대한 필요성을 배제하기 위해 도 3의 것과 유사한 광학 장치를 사용한다. 도 7에서, 도 3 및 도 5에서의 것과 동일한 참조번호를 갖는 요소들은 동일한 방식으로 작동하므로 장치(700)가 변위 신호(62)를 발생시킨다.
본 발명은 회전 기준 프레임에 유입되고 그로부터 유출되는 비임이 회전축(28)에 평행하거나 또는 동축을 이루는 경로를 따라야 할 것을 요구한다. 비임이 회전 기준 프레임에 장착된 1/4 파장 판을 통과한 후에, 비임이 간섭계에 적절하게 유입되도록 지향되는 한, 관련된 간섭계는 적절한 방향으로 설치될 수 있다. 다시 말하면, 도 1 내지 도 7에 도시된 실시예에 있어서, 측정 및 기준 경로 리플렉터는 각각 회전축(28)에 직교하고 이 회전축에 평행한(또는 동축을 이루는) 경로상에 배향된다. 회전 기준 프레임내의 1/4 파장 판이 분리되는 도 4 및 도 6에 도시된 실시예에 있어서, 관련된 간섭계는 측정 및 기준 리플렉터가 회전축에 대해서 각각 직교하고 평행한(또는 동축을 이루는)경로를 따르지 않도록 상이하게 지향될 수 있다. 간섭계를 상이하게 지향시키는 것은 주축에 직교하는 방사상 변위만을 측정하는 대신 각위치의 평탄도(flatness) 또는 변화와 같은 회전 기준 프레임의 다른 측정 작업에 유용하다.
전술한 실시예는 고정된 위치에 있고 비임 스플리터와 접촉하는 기준 리플렉터를 도시한 것이지만, 이러한 제한은 본 발명의 동작에 필요하지는 않다. 다시 말 하면, 본 발명은 기준 리플렉터가 가동될 수 있는 소위 차동 간섭계(differential interferometer)에 사용될 수 있으며, 간섭 측정은 기준 리플렉터와 측정 리플렉터간의 위치 차이에 의해 이루어지는 측정값의 차이이다.
전술한 실시예에 사용된 레이저 헤드는 바람직하게는 서로간에 선형 및 직각 관계인 2중 비임을 발생시킨다. 도 8a에 도시된 장치(800)에 있어서, 레이저 헤드(802)는 서로에 대해 좌우 원형 편광을 가진 2중 비임(20, 22)을 발생시킨다. 이러한 2중 비임(20, 22)은 회전축(28)에 평행한 경로를 따라 회전 기준 프레임(26)에 전송된다. 1/4 파장 판(804)을 제외하면, 다른 요소들은 도 1 또는 도 2에 도시된 요소들과 동일하다. 1/4 파장 판(804)은 단지 비임(44, 46)을 발생시키기 위해 필요하므로, 도 1의 1/4 파장 판(24)과 동일하지 않다.
도 8b에 도시된 장치(840)에 있어서, 레이저 헤드(802)는 비임(20, 22, 310, 320)을 발생시키기 위해 사용되는데, 이들 각 쌍은 서로에 대해 좌우 원형 편광 상태를 갖는다. 1/4 파장 판(844)을 제외하면, 다른 요소들은 도 3 또는 도 4에 도시된 요소들과 동일하다. 1/4 파장 판(844)은 단지 비임(44, 46, 334 및 336)을 발생시키기 위해 필요하므로, 도

3의 1/4 파장 판(309)과 동일하지 않다.
지금까지 본 발명은 특정 실시예를 참조하여 도시하고 설명하였지만, 당업자는 본 발명에 의해 개시된 원리로부터 벗어나지 않고 변경 및 수정이 이루어질 수 있음을 인정할 것이다. 예를 들면, 각각 바람직하게는 단일 구조로 된 도 3, 도 4, 도 7 및 도 8의 고정 1/4 파장 판은 비임(310, 312, 20 및 22)을 발생시키기 위한 부분과, 비임(44, 46, 334 및 336)을 생성하기 위한 다른 부분으로 된 2 부분으로 분할될 수 있다. 이 2 부분은 대응 비임을 수신하기 위한 위치에 위치하는 한 서로 수직방향으로 적층될 필요는 없다. 또한, 개별 비임 또는 비임의 여러 서브-조합을 수신하기 위한 크기로 된 개별 부분을 가질 수도 있다.
도 3, 도 4, 도 7 및 도 8의 회전 기준 프레임(26)에 장착된 1/4 파장 판은 바람직하게는 단일 구조체로 되어 있으며, 비임(314, 316, 330 및 332)을 생성하기 위한 환형부와 비임(25, 27, 43 및 47)을 발생시키기 위한 중앙 코어부로 분할될 수 있다. 이 2 부분은 서로 동심되게 될 수 있지만 중앙부는 환형 부분내에 놓여질 필요는 없다.
더욱이, 도 1 내지 도 4, 도 7, 도 8a 및 도 8b의 수신기(48, 340)는 비임(44, 46 및 334, 336)을 수신하도록 각각 온라인(online) 설치될 수 있다. 즉, 수신기들의 크기가 레이저 헤드로부터의 비임을 방해하지 않을 정도로 작거나 또는 입력 및 복귀 비임에 대한 평행한 비임 경로가 수신기들이 레이저 헤드로부터의 입력 비임을 방해하지 않을 정도의 거리로 분리된다면, 비임 벤더(49 및 338)는 배제할 수 있다.
도 5 및 도 6의 실시예에 있어서, 리플렉터에 대해 평거울(flat mirrors)을 사용할 수 있다. 바람직한 장치는 입방체 코너 리플렉터이다.
도 5 내지 도 7의 고립기(502)는 바람직하지만 항상 필요하지는 않다. 그 작동이 효율적이지는 않지만, 레이저 헤드는 일부 레이저 비임이 2중 비임의 소스에 복귀되더라도 고립기를 사용하지 않고 2중 비임의 소스로서 동작할 수 있다.
마지막으로, 레이저 헤드로부터의 2중 비임은 바람직하게는 광학적 광 주파 수(optical light frequencies)를 가진 비임이다. 그러나, 교류형 간섭계의 동작은 광 주파수에 제한되지 않기 때문에 다른 광 주파수를 사용할 수 있다.

발명의 효과

본 발명의 간섭 장치는 회전 기준 프레임에 위치한 회전 스핀들에 의해서 지지된 공구의 위치를 측정하도록 사용되며, 크기가 비교적 작고 스핀들과 함께 회전하도록 장착될 수 있으며 공구의 방사상 위치를 직접 측정하도록 사용될 수 있다.

(57) 청구의 범위

청구항 1.

회전 기준 프레임에 위치한 아이템의 위치 변화를 측정하기 위한 간섭계 변위 측정 장치(interferometric displacement measuring apparatus)로서, 상기 회전 기준 프레임은 고정된 기준 프레임에 대해서 회전축을 중심으로 회전하며 시간 경과에 따라 회전 각도를 축적하는, 측정 장치에 있어서,
① 주파수(f1 및 f2)를 각각 갖는 전자기 방사의 2 비임을 방출하기 위해 고정 기준 프레임에 장착된 소스와,
② 2 비임을 서로에 대해서 좌우 원형 편광 상태를 갖는 제 1 비임 및 제 2 비임으로서 전송하기 위한 수단과,
③ 회전축에 평행한 경로로부터 상기 제 1 비임 및 상기 제 2 비임을 수용하여 이 비임을 제 3 비임 및 제 4 비임으로 변환시키기 위해 상기 회전 기준 프레임에 장착된 제 1의 1/4 파장 판과,
④ 편광 비임 스플리터, 기준 경로 리플렉터 및 아이템에 결합된 이동가능한 측정 경로 리플렉터를 구비하는, 회전 기준 프레임에 장착된 간섭계로서, 상기 1/4 파장 판은 상기 비임 스플리터의 편광 축에 대해 45 ° 각도로 정렬된 속축(速軸: fast axis)을 가지며, 상기 비임 스플리터는 상기 제 3 비임을 상기 간섭계의 기준 경로를 따라 지향시키고 그리고 상기 제 4 비임을 상기 간섭계의 측정 경로를 따라 지향시키도록 동작하며, ⓐ 상기 기준 경로 리플렉터는 상기 제 3 비임을 수용하며 이것을 상기 비임 스플리터를 향해 제 5 비임으로 복귀시키도록 배치되고, ⓑ 상기 측정 경로 리플렉터는 상기 제 4 비임을 수용하며 이것을 상기 비임 스플리터를 향해 제 6 비임으로 복귀시키도록 배치되며, ⓒ 상기 비임 스플리터는 상기 제 5 비임 및 상기 제 6 비임을 수용하고 또 상기 제 5 비임 및 상기 제 6 비임을 상기 제 1의 1/4 파장 판을 향해 지향시키도록 작동하며, 상기 제 1의 1/4 파장 판은 제공된 상기 제 5 비임 및 제 6 비임을 각각 제 7 비임 및 제 8 비임으로 변환시키도록 작동하고, ⓓ 상기 제 7 비임 및 상기 제 8 비임은 상기 회전 기준 프레임으로부터 상기 회전축에 평행한 경로를 따라 고정된 기준 프레임 안으로 전송되는, 상기 간섭계와,
⑤ 상기 제 7 비임 및 상기 제 8 비임을 수용하여 이 제 7 비임 및 제 8 비임을 서로에 대해서 선형 및 직각 편광 상태를 가지는 제 9 비임 및 제 10 비임으로 각각 변환시키도록 상기 고정된 기준 프레임에 장착된 제 2의 1/4 파장 판과,
⑥ f1 및 f2 주파수간의 차이의 측정치를 나타내는 정보와 위치 및 회전 각도의 변화에 비례하는 정보를 포함하는 측정 신호를 발생시키기 위해, 상기 제 9 비임 및 상기 제 10 비임에 응답하도록 결합되고 또 상기 제 9 비임 및 상기 제 10 비임의 편광 상태에 정렬되는 수신기와,
⑦ 측정 신호와, f1 및 f2 주파수간의 차이의 측정치를 나타내는 기준 신호와, 상기 회전 각도의 측정치를 나타내는 제 2 신호에 응답하도록 결합되고 그리고 상기 위치변화를 나타내는 변위 신호를 제공하도록 동작하는 신호 프로세서를 포함하는 간섭계 변위 측정 장치.

청구항 2.

제 1 항에 있어서,

상기 전송 수단은 상기 소스가 서로에 대해 좌우 원형 편광 상태를 갖는 2개의 비임을 발생시키도록 상기 소스내에 있는 간섭계 변위 측정 장치.

청구항 3.

제 1 항에 있어서,
상기 소스는 레이저 비임을 제공하는 간섭계 변위 측정 장치.

청구항 4.

제 3 항에 있어서,
상기 비임은 광학적 광 주파수를 가지는 간섭계 변위 측정 장치.

청구항 5.

제 1 항에 있어서,
제 2 신호를 발생시키기 위해서 회전 인코더가 상기 회전 기준 프레임에 부착되는 간섭계 변위 측정 장치.

청구항 6.

제 5 항에 있어서,
상기 기준 신호는 상기 소스에 의해 생성되는 2개의 비임을 수용하도록 결합된 제 2 수신기에 의해서 발생되는 간섭계 변위 측정 장치.

청구항 7.

제 1 항에 있어서,
상기 1/4 파장 판은 상기 간섭계에 고정되는 간섭계 변위 측정 장치.

청구항 8.

제 7 항에 있어서,
상기 소스로부터 제공되는 2개의 비임은 서로에 대해 선형 및 직각 편광 상태를 가지며, 상기 전송 수단은 상기 2개의 비임을 수용하도록 결합된 제 3의 1/4 파장 판인 간섭계 변위 측정 장치.

청구항 9.

제 7 항에 있어서,
상기 기준 신호는 상기 소스에 의해 생성되는 2개의 비임을 수용하도록 결합된 제 2 수신기에 의해 발생되는 간섭계 변위 측정 장치.

청구항 10.

제 3 항에 있어서,
상기 제 1의 1/4 파장 판은 상기 간섭계에 부착되는 간섭계 변위 측정 장치.

청구항 11.

제 10 항에 있어서,
제 2 신호를 발생시키기 위해 상기 회전 기준 프레임에 회전 인코더가 결합되는 간섭계 변위 측정 장치.

청구항 12.

제 11 항에 있어서,
상기 기준 신호는 상기 소스에 의해 생성되는 2개의 비임을 수용하도록 결합된 제 2 수신기에 의해 발생되는 간섭계 변위 측정 장치.

청구항 13.

제 12 항에 있어서,
상기 제 1 비임 및 제 2 비임은 상기 제 7 비임 및 제 8 비임과 동축을 이루고 있고 그리고 상기 제 9 비임 및 제 10 비임을 상기 수신기에 지향시키기 위해 고정된 기준 프레임에 분할 수단이 장착되어 있는 간섭계 변위 측정 장치.

청구항 14.

제 13 항에 있어서,
상기 소스와 상기 분할 수단 사이에 고립기가 배치되는 간섭계 변위 측정 장치.

청구항 15.

제 14 항에 있어서,
상기 기준 경로 리플렉터 및 상기 측정 경로 리플렉터는 입방체 코너(cube corner) 리플렉터인 간섭계 변위 측정 장치.

청구항 16.

제 13 항에 있어서,
상기 기준 경로 리플렉터 및 상기 측정 경로 리플렉터는 입방체 코너 리플렉터인 간섭계 변위 측정 장치.

청구항 17.

제 1 항에 있어서,
상기 기준 경로 리플렉터 및 상기 측정 경로 리플렉터는 입방체 코너 리플렉 터인 간섭계 변위 측정 장치.

청구항 18.

제 1 항에 있어서,
상기 제 1 비임 및 제 2 비임은 상기 제 7 비임 및 제 8 비임과 동축을 이루고 있고 그리고 상기 제 9 비임 및 제 10 비임을 상기 수신기에 지향시키기 위해 고정된 기준 프레임에 분할 수단이 장착되어 있는 간섭계 변위 측정 장치.

청구항 19.
제 18 항에 있어서,
상기 소스와 상기 분할 수단 사이에 고립기가 배치되는 간섭계 변위 측정 장치.
청구항 20.
제 19 항에 있어서,
상기 기준 경로 리플렉터 및 상기 측정 경로 리플렉터는 입방체 코너 리플렉터인 간섭계 변위 측정 장치.
청구항 21.
제 18 항에 있어서,
상기 기준 경로 리플렉터 및 상기 측정 경로 리플렉터는 입방체 코너 리플렉터인 간섭계 변위 측정 장치.
청구항 22.
제 3 항에 있어서,
상기 제 1 비임 및 제 2 비임은 상기 제 7 비임 및 제 8 비임과 동축을 이루며, 상기 분할 수단은 상기 제 9 비임 및 제 10 비임을 수신기에 지향시키기 위해 고정된 기준 프레임에 장착되는 간섭계 변위 측정 장치.
청구항 23.
제 22 항에 있어서,
상기 소스와 상기 분할 수단 사이에 광 고립기가 연결되는 간섭계 변위 측정장치.
청구항 24.
제 1 항에 있어서,
상기 제 9 비임 및 제 10 비임을 최초 이동 경로로부터 수신기를 향하여 다른 경로로 재지향시키도록 비임 벤더가 배치되는 간섭계 변위 측정 장치.
청구항 25.
제 1 항에 있어서,
상기 제 9 비임 및 제 10 비임은 상기 제 2의 1/4 파장 판으로부터 상기 회전축에 평행한 경로를 따라 전송되며, 상기 수신기는 상기 경로를 따라 배열되는 간섭계 변위 측정 장치.
청구항 26.
제 1 항에 있어서,
상기 소스로부터 공급되는 2개의 비임은 서로에 대해 선형 및 직각 편광 상태를 가지며, 상기 전송 수단은 상기 2개의 비임을 수용하도록 결합된 제 3의 1/4 파장 판인 간섭계 변위 측정 장치.
청구항 27.
제 1 항에 있어서,
상기 전송 수단은 제 2의 1/4 파장 판이며, 상기 소스는 서로에 대해 선형 및 직각 편광 상태를 갖는 2개의 비임을 생성하는 간섭계 변위 측정 장치.
청구항 28.
제 27 항에 있어서,
상기 기준 신호는 상기 소스에 의해 생성되는 2개의 비임을 수용하도록 결합된 제 2 수신기에 의해 발생되는 간섭계 변위 측정 장치.
청구항 29.
제 27 항에 있어서,
상기 제 2 신호를 발생시키기 위해 상기 회전 기준 프레임에 회전 인코더가 결합되는 간섭계 변위 측정 장치.
청구항 30.
제 29 항에 있어서,
상기 기준 신호는 상기 소스에 의해 생성되는 2개의 비임을 수용하도록 결합된 제 2 수신기에 의해 발생되는 간섭계 변위 측정 장치.
청구항 31.
제 27 항에 있어서,
상기 제 1의 1/4 파장 판은 상기 간섭계에 고정되는 간섭계 변위 측정 장치.
청구항 32.
제 31 항에 있어서,
상기 기준 신호는 상기 소스에 의해 생성되는 2 비임을 수용하도록 결합된 제 2 수신기에 의해 발생되는 간섭계 변위 측정 장치.
청구항 33.
제 31 항에 있어서,
상기 제 2 신호를 발생시키기 위해 상기 회전 기준 프레임에 회전 인코더가 결합되는 간섭계 변위 측정 장치.
청구항 34.
제 33 항에 있어서,
상기 기준 신호는 상기 소스에 의해 생성되는 2 비임을 수용하도록 결합된 제 2 수신기에 의해 발생되는 간섭계 변위 측정 장치.

청구항 35.
제 33 항에 있어서,
상기 소스는 레이저 비임을 생성하는 간섭계 변위 측정 장치.
청구항 36.
제 35 항에 있어서,
상기 제 9 비임 및 제 10 비임을 최초 이동 경로로부터 수신기를 향하여 다른 경로로 재지향시키도록 비임 벤더가 배치되는 간섭계 변위 측정 장치.
청구항 37.
제 35 항에 있어서,
상기 제 9 비임 및 제 10 비임은 상기 제 2의 1/4 파장 판으로부터 상기 회전축에 평행한 경로를 따라 전송되며, 상기 수신기는 상기 경로를 따라 배열되는 간섭계 변위 측정 장치.
청구항 38.
제 35 항에 있어서,
상기 비임은 광학적 광 주파수를 가지는 간섭계 변위 측정 장치.
청구항 39.
제 35 항에 있어서,
상기 제 1 비임 및 제 2 비임은 상기 제 7 비임 및 제 8 비임과 동축을 이루며, 상기 분할 수단은 상기 제 9 비임 및 제 10 비임을 수신기에 지향시키기 위해 고정된 기준 프레임에 장착되는 간섭계 변위 측정 장치.
청구항 40.
제 39 항에 있어서,
상기 소스와 상기 분할 수단 사이에 고립기가 배치되는 간섭계 변위 측정 장치.
청구항 41.
제 40 항에 있어서,
상기 기준 경로 리플렉터 및 상기 측정 경로 리플렉터는 입방체 코너 리플렉터인 간섭계 변위 측정 장치.
청구항 42.
제 1 항에 있어서,
상기 기준 신호는 상기 소스에 의해 생성되는 2개의 비임을 수용하도록 결합된 제 2 수신기에 의해 발생되는 간섭계 변위 측정 장치.
청구항 43.
제 3 항에 있어서,
상기 소스로부터 공급되는 2개의 비임은 서로에 대해 선형 및 직각 편광 상태를 가지며, 상기 전송 수단은 상기 2개의 비임을 수용하도록 결합된 제 3의 1/4 파장 판인 간섭계 변위 측정 장치.
청구항 44.
제 3 항에 있어서,
상기 전송 수단은 제 2의 1/4 파장 판이며, 상기 소스는 서로에 대해 선형 및 직각 편광 상태를 갖는 2개의 비임을 생성하는 간섭계 변위 측정 장치.
청구항 45.
제 10 항에 있어서,
상기 제 2 신호를 발생시키기 위해 상기 회전 기준 프레임에 회전 인코더가 결합되는 간섭계 변위 측정 장치.
청구항 46.
제 10 항에 있어서,
상기 소스로부터 공급되는 2개의 비임은 서로에 대해 선형 및 직각 편광 상 태를 가지며, 상기 전송 수단은 상기 2개의 비임을 수용하도록 결합된 제 3의 1/4 파장 판인 간섭계 변위 측정 장치.
청구항 47.
제 10 항에 있어서,
상기 전송 수단은 제 2의 1/4 파장 판이며, 상기 소스는 서로에 대해 선형 및 직각 편광 상태를 갖는 2개의 비임을 생성하는 간섭계 변위 측정 장치.
청구항 48.
제 47 항에 있어서,
상기 기준 신호는 상기 소스에 의해 생성되는 2개의 비임을 수용하도록 결합된 제 2 수신기에 의해 발생되는 간섭계 변위 측정 장치.
청구항 49.
제 48 항에 있어서,
상기 제 9 및 제 10 비임을 최초 이동 경로로부터 수신기를 향하여 다른 경로로 재지향시키도록 비임 벤더가 배치되는 간섭계 변위 측정 장치.
청구항 50.
제 1 항에 있어서,

상기 제 1의 1/4 파장 판은 상기 간섭계로부터 이격되게 장착되는 간섭계 변위 측정 장치.

청구항 51.

제 50 항에 있어서,

상기 전송 수단은 제 2의 1/4 파장 판이며, 상기 소스는 서로에 대해 선형 및 직각 편광 상태를 갖는 2개의 비임을 생성하는 간섭계 변위 측정 장치.

청구항 52.

회전 기준 프레임에 위치된 아이템의 위치 변화를 측정하는 간섭계 변위 측정 장치로서, 상기 회전 기준 프레임은 고정된 기준 프레임에 대해서 회전 축을 중심으로 회전하며 시간 경과에 따라 회전 각도를 축적하는 상기 간섭계 변위 측정 장치에 있어서,

① 주파수(f1 및 f2)를 각각 갖는 전자기 방사의 2 비임을 방출하기 위해 고정 기준 프레임에 장착되는 소스로서, 상기 2 비임은 서로에 대해 선형 및 직각 편광 상태를 가지도록 제공되는 소스와,

② 2 비임을 2개의 평행한 세트의 비임으로 분할하는 디바이더로서, 각 세트의 비임은 f1 및 f2 주파수를 각각 가지며 선형 및 직각 편광 상태를 갖는, 상기 디바이더와,

③ 한 세트의 2 비임을 서로에 대해서 좌우 원형 편광 상태를 갖는 제 1 비임 및 제 2 비임으로서 전송하기 위한 제 1 수단과,

④ 회전축에 평행한 경로로부터 상기 제 1 비임 및 상기 제 2 비임을 수용하여 이 비임을 제 3 비임 및 제 4 비임으로 변환시키기 위해 상기 회전 기준 프레임에 장착된 제 1의 1/4 파장 판과,

⑤ 편광 비임 스플리터, 기준 경로 리플렉터 및 아이템에 결합된 이동가능한 측정 경로 리플렉터를 포함하는 회전 기준 프레임에 장착된 간섭계로서, 상기 1/4 파장 판은 상기 비임 스플리터의 편광 축에 대해 45 ° 각도로 정렬된 속축을 가지며, 상기 비임 스플리터는 상기 제 3 비임을 상기 간섭계의 기준 경로를 따라 지향시키고 그리고 상기 제 4 비임을 상기 간섭계의 측정 경로를 따라 지향시키도록 동작하며, ⓐ 상기 기준 경로 리플렉터는 상기 제 3 비임을 수용하여 이것을 상기 비임 스플리터를 향해 제 5 비임으로 복귀시키도록 배치되고, ⓑ 상기 측정 경로 리플렉터는 상기 제 4 비임을 수용하여 이것을 상기 비임 스플리터를 향해 제 6 비임으로 복귀시키도록 배치되며, ⓒ 상기 비임 스플리터는 상기 제 5 비임 및 상기 제 6 비임을 수용하여 이 제 5 비임 및 제 6 비임을 상기 제 1의 1/4 파장 판을 향해 지향시키도록 작동하며, 상기 제 1의 1/4 파장 판은 제공된 상기 제 5 비임 및 제 6 비임을 각각 제 7 비임 및 제 8 비임으로 변환시키도록 작동하고, ⓓ 상기 제 7 비임 및 상기 제 8 비임은 상기 회전 기준 프레임으로부터 상기 회전축에 평행한 경로를 따라 고정된 기준 프레임 안으로 전송되는, 상기 간섭계와,

⑥ 상기 제 7 비임 및 상기 제 8 비임을 수용하여 이 제 7 비임 및 제 8 비임을 서로에 대해서 선형 및 직각 편광 상태를 가지는 제 9 비임 및 제 10 비임으로 각각 변환시키도록 상기 고정된 기준 프레임에 장착된 제 2의 1/4 파장 판과,

⑦ f1 및 f2 주파수간의 차이의 측정치를 나타내는 정보와 위치 및 회전 각도의 변화에 비례하는 정보를 포함하는 측정 신호를 발생시키기 위해 상기 제 9 비임 및 상기 제 10 비임에 응답하도록 결합되고 또 상기 제 9 비임 및 상기 제 10 비임의 편광 상태에 정렬되는 제 1 수신기와,

⑧ 제 2 세트의 비임을 수용하도록 배치되고 그리고 서로에 대해서 좌우 원 형 편광 상태를 가지는 제 11 비임 및 제 12 비임을 생성하도록 동작하게끔 배치되는 제 2 전송 수단과,

⑨ 상기 제 11 비임 및 제 12 비임을 상기 회전축에 평행한 경로로부터 수용하여 이들을 제 13 비임 및 제 14 비임으로 변환시키기 위해 상기 회전 기준 프레임에 장착된 제 3의 1/4 파장 판과,

⑩ 상기 제 13 비임 및 제 14 비임을 수용하고 또 상기 제 13 비임 및 제 14 비임을 기준 경로 리플렉터에 송신하도록 동작하는 부분을 더 포함하는 상기 간섭계로서, 상기 기준 경로 리플렉터는 상기 비임들을 제 15 비임 및 제 16 비임으로서 상기 간섭계에 복귀시키도록 작동하고, 상기 간섭계는 상기 제 15 비임 및 제 16 비임을 상기 제 3의 1/4 파장 판에 전송하도록 작동하며 그리고 상기 제 3의 1/4 파장 판은 상기 비임들을 제 17 비임 및 제 18 비임으로 변환시키도록 작동하며, 상기 제 17 비임 및 제 18 비임은 상기 회전 기준 프레임으로부터 상기 고정된 기준 프레임안으로 전송되고 그리고 상기 회전축에 평행한 경로를 따라서 송신되는, 상기 간섭계와,

⑪ 상기 제 17 비임 및 제 18 비임을 수용하여 이들을 서로간에 선형 및 직각 편광 상태를 갖는 제 19 비임 및 제 20 비임으로 변환시키도록 상기 고정된 기준 프레임에 장착된 제 4의 1/4 파장 판과,

⑫ 상기 편광 상태로 정렬되고 상기 제 19 비임 및 제 20 비임을 수용하도록 배열되는 제 2 수신기로서, f1 및 f2 주파수간의 차이의 측정치와 회전 각도를 나타내는 정보를 포함하는 제 2 신호를 발생시키도록 동작하는 상기 제 2 수신기와,

⑬ 측정 신호 및 제 2 수신기 신호에 응답하고 그리고 위치 변화를 나타내는 변위 신호를 발생시키는 신호 프로세서를 포함하는 간섭계 변위 측정 장치.

청구항 53.

제 52 항에 있어서,

상기 제 1 전송 수단은 제 2의 1/4 파장 판인 간섭계 변위 측정 장치.

청구항 54.

제 53 항에 있어서,

상기 제 2 전송 수단은 제 2의 1/4 파장 판인 간섭계 변위 측정 장치.

청구항 55.

제 52 항에 있어서,

상기 제 2 전송 수단은 제 2의 1/4 파장 판인 간섭계 변위 측정 장치.

청구항 56.
제 55 항에 있어서,
상기 2개의 비임은 광학적 광 주파수를 가지는 간섭계 변위 측정 장치.
청구항 57.
제 52 항에 있어서,
상기 제 1의 1/4 파장 판은 상기 간섭계에 고정되는 간섭계 변위 측정 장치.
청구항 58.
제 52 항에 있어서,
상기 제 1 및 제 3의 1/4 파장 판은 하나의 단일 플레이트로서 형성되는 간 섭계 변위 측정 장치.
청구항 59.
제 58 항에 있어서,
상기 제 2 및 제 3의 1/4 파장 판은 하나의 단일 플레이트로서 형성되는 간섭계 변위 측정 장치.
청구항 60.
제 59 항에 있어서,
상기 제 2 전송 수단은 제 2의 1/4 파장 판인 간섭계 변위 측정 장치.
청구항 61.
제 60 항에 있어서,
상기 제 1의 1/4 파장 판은 상기 간섭계에 고정되는 간섭계 변위 측정 장치.
청구항 62.
제 61 항에 있어서,
상기 소스는 레이저 비임을 생성하는 간섭계 변위 측정 장치.
청구항 63.
제 62 항에 있어서,
상기 2개의 비임은 광학적 광 주파수를 가지는 간섭계 변위 측정 장치.
청구항 64.
제 62 항에 있어서,
상기 제 1 비임 및 제 2 비임은 상기 제 7 비임 및 제 8 비임과 동축을 이루 며, 상기 제 9 비임 및 제 10 비임을 제 1 수신기로 지향시키기 위해 상기 고정된 기준 프레임에 분할 수단이 장착되는 간섭계 변위 측정 장치.
청구항 65.
제 64 항에 있어서,
상기 디바이더와 상기 분할 수단 사이에 고립기가 배치되는 간섭계 변위 측정 장치.
청구항 66.
제 52 항에 있어서,
상기 제 1 비임 및 제 2 비임은 상기 제 9 비임 및 제 10 비임을 제 1 수신기로 지향시키기 위해 상기 제 7 비임 및 제 8 비임과 동축을 이루는 간섭계 변위 측정 장치.
청구항 67.
제 66 항에 있어서,
고립기가 상기 디바이더와 상기 분할 수단 사이에 배치되는 간섭계 변위 측정 장치.
청구항 68.
제 67 항에 있어서,
상기 소스는 레이저 비임을 생성하는 간섭계 변위 측정 장치.
청구항 69.
간섭계 위치 측정 장치를 이용하여 회전 기준 프레임에 배치된 아이템의 변 위의 변화를 측정하는 방법으로서, 상기 회전 기준 프레임은 고정된 기준 프레임에 대해 회전축을 중심으로 회전하며 시간 경과에 따라 회전 각도를 축적하는, 측정 방법에 있어서,
ⓐ 고정된 기준 프레임에 장착된 소스로부터 f1 및 f2 주파수를 각각 가진 전자기 방사의 2 비임을 방출하는 단계와,
ⓑ 상기 2 비임을 서로에 대해서 좌우 원형 편광 상태를 가지는 제 1 비임 및 제 2 비임으로 전송하는 단계와,
ⓒ 상기 제 1 비임 및 제 2 비임을 상기 회전축을 따라 상기 회전 기준 프레임에 장착된 제 1의 1/4 파장 판에 공급하고 이들을 제 3 및 제 4 비임으로 변환시키는 단계로서, 상기 제 1의 1/4 파장 판은 속축을 가지는 단계와,
ⓓ 상기 제 3 비임 및 제 4 비임을 상기 회전 기준 프레임에 장착된 간섭계로 전송하는 단계로서, 상기 간섭계는 편광 비임 스플리터와, 기준 경로 리플렉터과, 아이템에 결합된 측정 경로 리플렉터를 포함하며 그리고 편광 축을 가지는, 상기 전송 단계와,
ⓔ 상기 제 1의 1/4 파장 판의 속축을 상기 비임 스플리터의 편광 축에 대해서 45 ° 각도로 배향시키는 단계,
ⓕ 상기 제 3 비임 및 제 4 비임을 상기 비임 스플리터에 전송하며, 상기 제 3 비임이 기준 경로 리플렉터에 전송되고 또 상기 제 4 비임은 상기 측정 경로 리플렉터에 전송되도록 상기 제 3 비임 및 제 4 비임을 분할하는 단계와,
ⓖ 상기 제 3 비임을 수용하여 이것을 비임 스플리터를 향해 제 5 비임으로 서 복귀시키도록 기준 경로 리플렉터를 결합하는 단계와,

ⓗ 상기 제 4 비임을 수용하여 이것을 비임 스플리터를 향해 제 6 비임으로서 복귀시키도록 측정 경로 리플렉터를 결합시키는 단계와,
ⓘ 제 5 비임 및 제 6 비임을 수용하도록 상기 비임 스플리터를 작동시키고 그리고 이들을 제 1의 1/4 파장 판을 향해 지향시키는 단계와,
ⓙ 상기 제 5 비임 및 제 6 비임을 상기 제 1의 1/4 파장 판에 통과시키고 이들을 제 7 비임 및 제 8 비임으로 변환시키는 단계와,
ⓚ 상기 회전 기준 프레임으로부터 방출되는 제 7 비임 및 제 8 비임을 상기 회전축에 평행한 경로를 따라 상기 고정된 기준 프레임안에 전송하는 단계와,
ⓛ 상기 제 7 비임 및 제 8 비임을 수용하여 이들을 서로에 대해 선형 및 직각 편광 상태를 가진 제 9 비임 및 제 10 비임으로 변환시키도록 상기 고정된 기준프레임에 제 2의 1/4파장 판을 배치하는 단계,
ⓜ f1 및 f2 주파수간의 차이의 측정치를 나타내는 정보와 변위 및 회전각도의 차이에 비례하는 정보를 포함하는 측정 신호를 발생시키기 위해 제 9 비임 및 제 10 비임의 편광에 대해 수신기를 정렬하고 그리고 상기 제 9 비임 및 제 10 비임에 응답하는 단계와,
ⓝ 측정 신호와, f1 및 f1 주파수간의 차이의 측정치를 나타내는 기준 신호와, 회전 각도의 측정값을 나타내는 제 2 신호에 응답하도록 제 2 신호 프로세서를 작동시키고 변위 차이를 나타내는 변위 신호를 발생시키는 단계를 포함하는 측정 방법.

청구항 70.
제 69 항에 있어서,
2개의 비임을 레이저 비임으로 방출하는 단계를 포함하는 측정 방법.

청구항 71.
제 70 항에 있어서,
광학적 광 주파수를 갖는 2개의 비임을 방출하는 단계를 포함하는 측정 방법.

청구항 72.
제 69 항에 있어서,
상기 제 1 비임 및 제 2 비임을 상기 제 7 비임 및 제 8 비임과 동축으로 전송하는 단계와, 상기 수신기에 전송하기 위해 상기 제 9 비임 및 제 10 비임의 일부를 분할하는 단계를 더 포함하는 측정 방법.

청구항 73.
제 72 항에 있어서,
소스에 복귀되는 제 9 비임 및 제 10 비임중의 일부를 고립시키는 단계를 더 포함하는 측정 방법.

청구항 74.
제 69 항에 있어서,
상기 제 1의 1/4 파장 판을 상기 간섭계에 부착시키는 단계를 포함하는 측정방법.

청구항 75.
제 74 항에 있어서,
제 2 신호를 생성하기 위해 회전 인코더를 회전 기준 프레임에 결합시키는 단계를 더 포함하는 측정 방법.

청구항 76.
제 75 항에 있어서,
상기 소스로부터 상기 2개의 비임을 수용하도록 상기 제 2 수신기를 결합하는 단계와 기준 신호를 발생시키는 단계를 포함하는 측정 방법.

청구항 77.
제 76 항에 있어서,
2개의 비임을 레이저 비임으로 방출하는 단계를 포함하는 측정 방법.

청구항 78.
제 77 항에 있어서,
광학적 광 주파수를 갖는 2개의 비임을 방출하는 단계를 포함하는 측정 방법.

청구항 79.
제 76 항에 있어서,
상기 제 1 비임 및 제 2 비임을 상기 제 7 비임 및 제 8 비임과 동축으로 전송하는 단계와, 상기 제 9 비임 및 제 10 비임 중의 일부를 상기 수신기에 전송하기 위해서 분할하는 단계를 포함하는 측정 방법.

청구항 80.
제 77 항에 있어서,
상기 소스에 복귀되는 제 9 비임 및 제 10 비임의 일부를 고립시키는 단계를 더 포함하는 측정 방법.

청구항 81.
제 69 항에 있어서,
상기 소스로부터 2개의 비임을 수용하기 위해 제 2 비임을 결합시키는 단계와 기준 신호를 발생시키는 단계를 포함하는 측정 방법.

청구항 82.
제 69 항에 있어서,

제 2 신호를 생성하기 위해 회전 인코더를 회전 기준 프레임에 결합시키는 단계를 포함하는 측정 방법.

청구항 83.

제 82 항에 있어서,

상기 2개의 비임을 상기 소스로부터 수용하기 위해 제 2 수신기를 결합시키는 단계와 기준 신호를 발생시키는 단계를 포함하는 측정 방법.

청구항 84.

제 69 항에 있어서,

상기 2개의 비임을 상기 소스로부터 서로에 대해 좌우 원형 편광 상태를 가지는 비임으로서 방출하는 단계를 포함하는 측정 방법.

청구항 85.

간섭계 위치 측정 장치를 이용하여 회전 기준 프레임에 배치된 아이템의 변위의 변화를 측정하는 방법으로서, 상기 회전 기준 프레임은 고정된 기준 프레임에 대해 회전축을 중심으로 회전하며 시간 경과에 따라 회전 각도를 축적하는, 측정 방법에 있어서,

ⓐ 고정된 기준 프레임에 장착된 소스로부터 f1 및 f2 주파수를 각각 가지며 서로에 대해 선형 및 직각 편광 상태를 가진 전자기 방사의 2 비임을 방출하는 단계와,

ⓑ 상기 2 비임을 2 세트의 2 비임으로 분할하는 단계로서, 각 세트의 비임은 f1 및 f2 주파수를 각각 가지며 선형 및 직각 편광 상태를 가지는 상기 분할 단계와,

ⓒ 제 1 세트의 2 비임을 고정된 기준 프레임에 장착된 제 1의 1/4 파장 판을 통해 전송하고 상기 비임을 서로에 대해 좌우 원형 편광 상태를 가지는 제 1 및 제 2 비임으로 변환시키는 단계와,

ⓓ 상기 제 1 및 제 2 비임을 상기 회전축을 따라 상기 회전 기준 프레임에 장착된 제 2의 1/4 파장 판에 공급하고 이들을 제 3 비임 및 제 4 비임으로 변환시키는 단계로서, 상기 제 2의 1/4파장 판은 속축을 가지는 단계와,

ⓔ 상기 제 3 비임 및 제 4 비임을 상기 회전 기준 프레임에 장착된 간섭계로 전송하는 단계로서, 상기 간섭계는 편광 비임 스플리터, 기준 경로 리플렉터 및 아이템에 결합된 측정 경로 리플렉터를 포함하며 그리고 편광 축을 가지는, 상기 전송 단계와,

ⓕ 상기 제 1의 1/4 파장 판의 고정 축을 상기 비임 스플리터의 편광 축에 대해서 45 ° 각도로 배향시키는 단계와,

ⓖ 상기 제 3 비임 및 제 4 비임을 상기 비임 스플리터에 전송하며, 상기 제 3 비임이 기준 경로 리플렉터에 전송되고 또 상기 제 4 비임은 상기 측정 경로 리플렉터에 전송되도록 상기 제 3 비임 및 제 4 비임을 분할하는 단계와,

ⓗ 상기 제 3 비임을 수용하여 이것을 비임 스플리터를 향해 제 5 비임으로서 복귀시키도록 기준 경로 리플렉터를 결합하는 단계와,

ⓘ 상기 제 4 비임을 수용하여 이것을 비임 스플리터를 향해 제 6 비임으로서 복귀시키도록 측정 경로 리플렉터를 결합시키는 단계와,

ⓙ 제 5 비임 및 제 6 비임을 수용하도록 상기 비임 스플리터를 작동시키고 그리고 이들을 제 2의 1/4 파장 판을 향해 지향시키는 단계와,

ⓚ 상기 제 5 비임 및 제 6 비임을 상기 제 2의 1/4 파장 판에 통과시키고 이들을 제 7 비임 및 제 8 비임으로 변환시키는 단계와,

ⓛ 상기 회전 기준 프레임으로부터 방출되는 제 7 비임 및 제 8 비임을 상기 회전축에 평행한 경로를 따라 상기 고정된 기준 프레임 내로 전송하는 단계와,

ⓜ 상기 제 7 비임 및 제 8 비임을 상기 고정된 기준 프레임에 배치된 제 3의 1/4 파장 판으로 전송하고 그리고 이들을 서로에 대해 선형 및 직각 편광 상태를 가지는 제 9 비임 및 제 10 비임으로 변환시키는 단계와,

ⓝ f1 및 f2 주파수간의 차이의 측정치를 나타내는 정보와 위치 및 회전각도 의 변화에 비례하는 정보를 포함하는 측정 신호를 발생시키기 위해 제 9 비임 및 제 10 비임의 편광에 대해 제 1 수신기를 정렬하고 상기 제 9 비임 및 제 10 비임에 응답하는 단계와,

ⓞ 제 2 세트의 비임을 고정된 기준 프레임에 장착된 1/4 파장 판을 통해 전송하고 이들을 서로에 대해 좌우 원형 편광 상태를 가지는 제 11 비임 및 제 12 비임으로 변환시키는 단계와,

ⓟ 상기 제 11 비임 및 제 12 비임을 회전 기준 프레임에 장착된 제 4의 1/4 파장 판을 통해 회전축을 따라 전송하고 그리고 이들을 제 14 비임 및 제 15 비임으로 변환시키는 단계와,

ⓠ 상기 제 13 비임 및 제 14 비임을 간섭계의 일부를 통해 기준 경로 리플렉터에 전송하는 단계와,

ⓡ 상기 제 13 비임 및 제 14 비임을 상기 기준 경로 리플렉터에 의해 반사시키고 이들을 제 15 비임 및 제 16 비임으로 복귀시키는 단계와,

ⓢ 상기 제 15 비임 및 제 16 비임을 상기 간섭계와 제 3의 1/4 파장 판에 통과시키고 이들을 제 17 비임 및 제 18 비임으로 변환시키는 단계와,

ⓣ 상기 제 17 비임 및 제 18 비임을 회전 기준 프레임으로부터 상기 회전축에 평행한 경로를 따라서 상기 고정된 프레임 내로 전송하는 단계와,

ⓤ 상기 제 17 비임 및 제 18 비임을 상기 고정된 기준 프레임에 장착된 제 4의 1/4 파장 판에 통과시키고 이들을 서로에 대해서 선형 및 직각 편광 상태를 가지는 제 19 비임 및 제 20 비임으로 변환시키는 단계와,

ⓥ f1 및 f2 주파수간의 측정 차이와 회전 각도를 나타내는 정보를 포함하는 제 2 수신기 신호를 발생시키기 위해서 제 2 수신기를 상기 제 19 비임 및 제 20 비임의 편광 상태에 정렬하고 그리고 상기 제 19 비임 및 제 20 비임에 응답하는 단계와,

ⓦ 상기 측정 신호와 상기 제 2 수신기 신호를 신호 프로세서에 공급하며 변위 차이를 나타내는 변위 신호를 발생시키는 단계를 포함하는 측정 방법.

청구항 86.

제 85 항에 있어서,

상기 2 비임을 레이저 비임으로 방출하는 단계를 포함하는 측정 방법.

청구항 87.

제 86 항에 있어서,

광학적 광 주파수를 갖는 2 비임을 방출하는 단계를 포함하는 측정 방법.

청구항 88.

제 85 항에 있어서,

상기 제 1 비임 및 제 2 비임을 상기 제 7 비임 및 제 8 비임과 동축으로 전송하는 단계와, 상기 제 9 비임 및 제 10 비임중의 일부를 수신기에 전송하도록 분할하는 단계를 더 포함하는 측정 방법.

청구항 89.

제 88 항에 있어서,

상기 소스에 복귀되는 제 9 비임 및 제 10 비임의 일부를 고립시키는 단계를 포함하는 측정 방법.

청구항 90.

제 88 항에 있어서,

상기 제 9 비임 및 제 10 비임이 상기 소스에 복귀되지 않게 하는 단계를 포함하는 측정 방법.

청구항 91.

제 85 항에 있어서,

상기 제 2 비임 및 제 4의 1/4 파장 판을 하나의 단일 플레이트로 조합하는 단계를 포함하는 측정 방법.

청구항 92.

제 91 항에 있어서,

상기 제 1 및 제 3의 1/4 파장 판을 하나의 단일 플레이트로 조합하는 단계를 포함하는 측정 방법.

청구항 93.

제 85 항에 있어서,

상기 제 2의 1/4 파장 판을 간섭계에 부착시키는 단계를 포함하는 측정 방법.

청구항 94.

제 93 항에 있어서,

상기 2 비임을 레이저 비임으로 방출하는 단계를 포함하는 측정 방법.

청구항 95.

제 94 항에 있어서,

광학적 광 주파수를 갖는 2 비임을 방출하는 단계를 포함하는 측정 방법.

청구항 96.

제 93 항에 있어서,

상기 제 1 비임 및 제 2 비임을 상기 제 7 비임 및 제 8 비임과 동축으로 전송하는 단계와, 상기 제 9 비임 및 제 10 비임중의 일부를 상기 수신기에 전송하도록 분할하는 단계를 더 포함하는 측정 방법.

청구항 97.

제 96 항에 있어서,

상기 소스에 복귀되는 제 9 비임 및 제 10 비임중 일부를 고립시키는 단계를 포함하는 측정 방법.

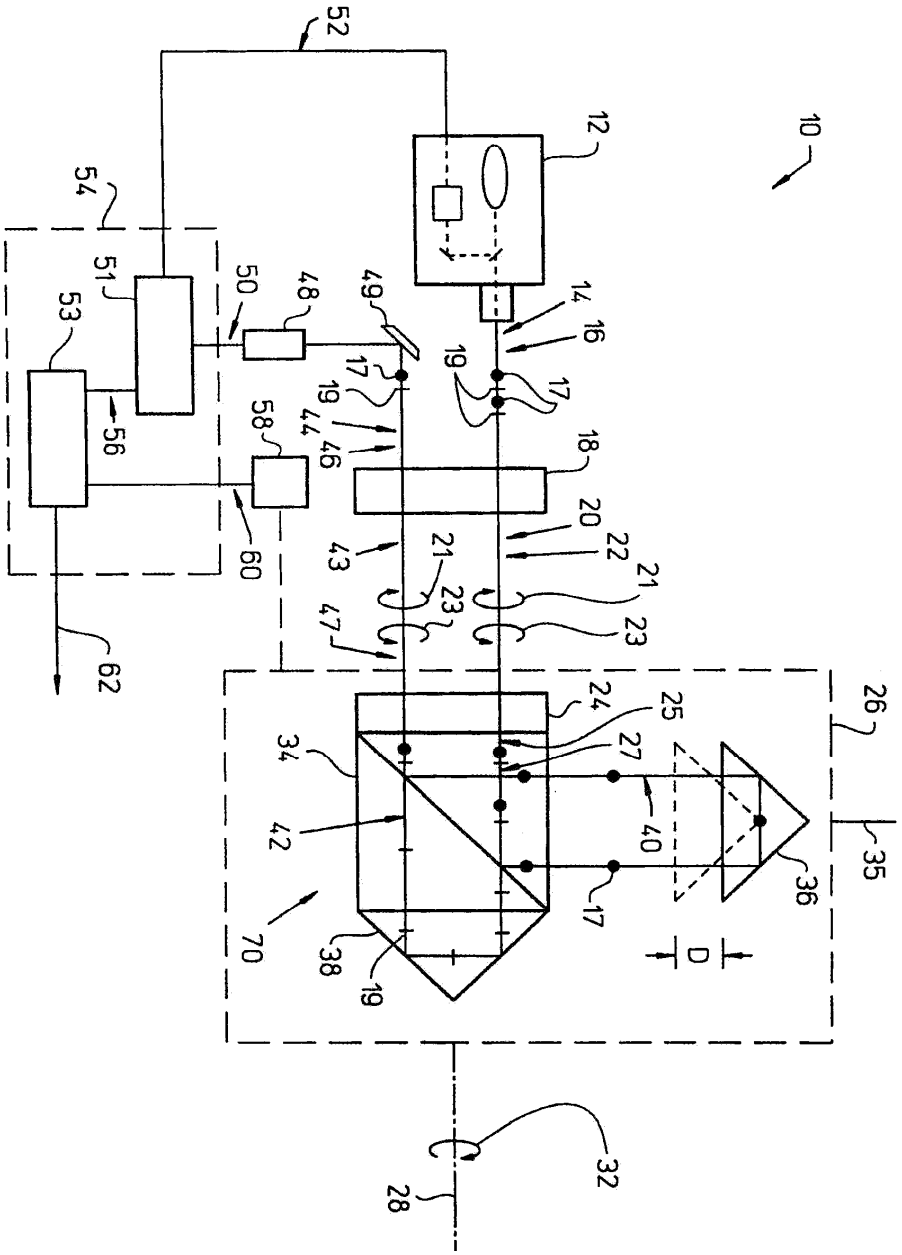
청구항 98.

제 85 항에 있어서,

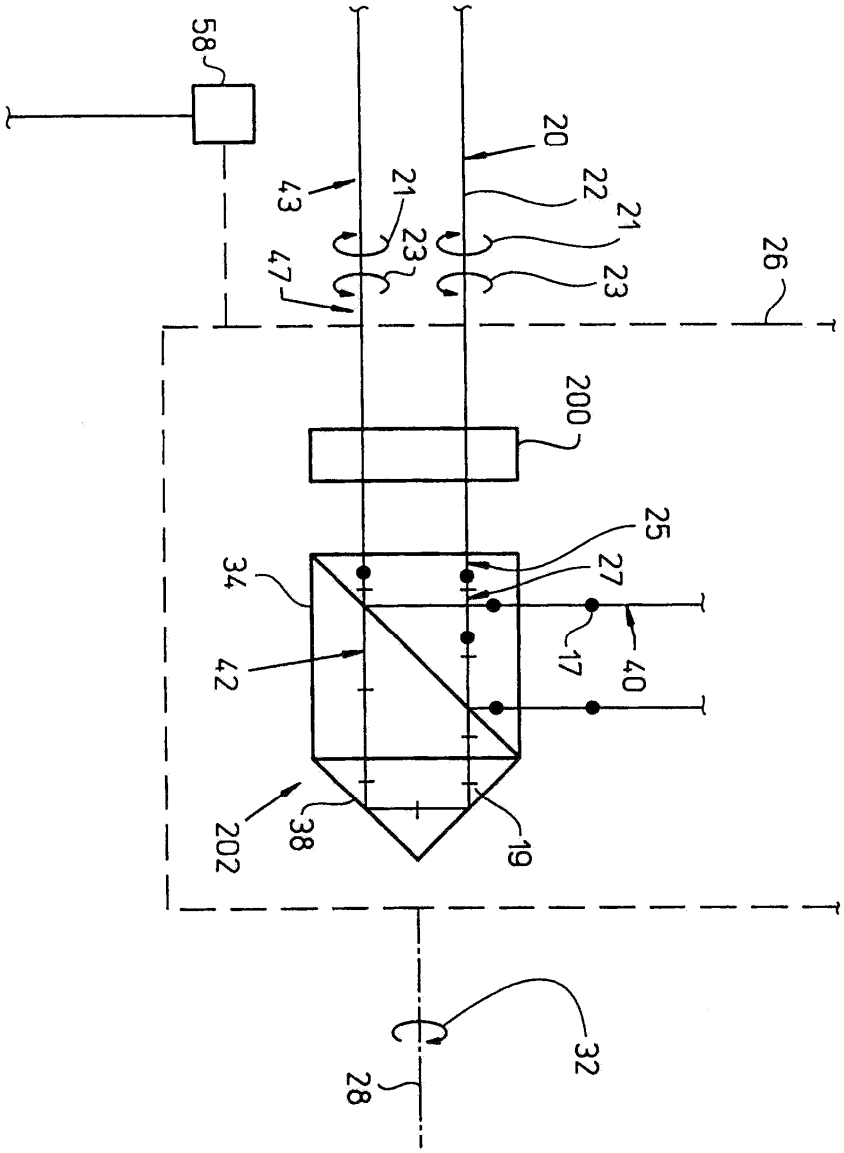
상기 제 2의 1/4 파장 판을 상기 간섭계에 부착하는 단계를 포함하는 측정 방법.

도면

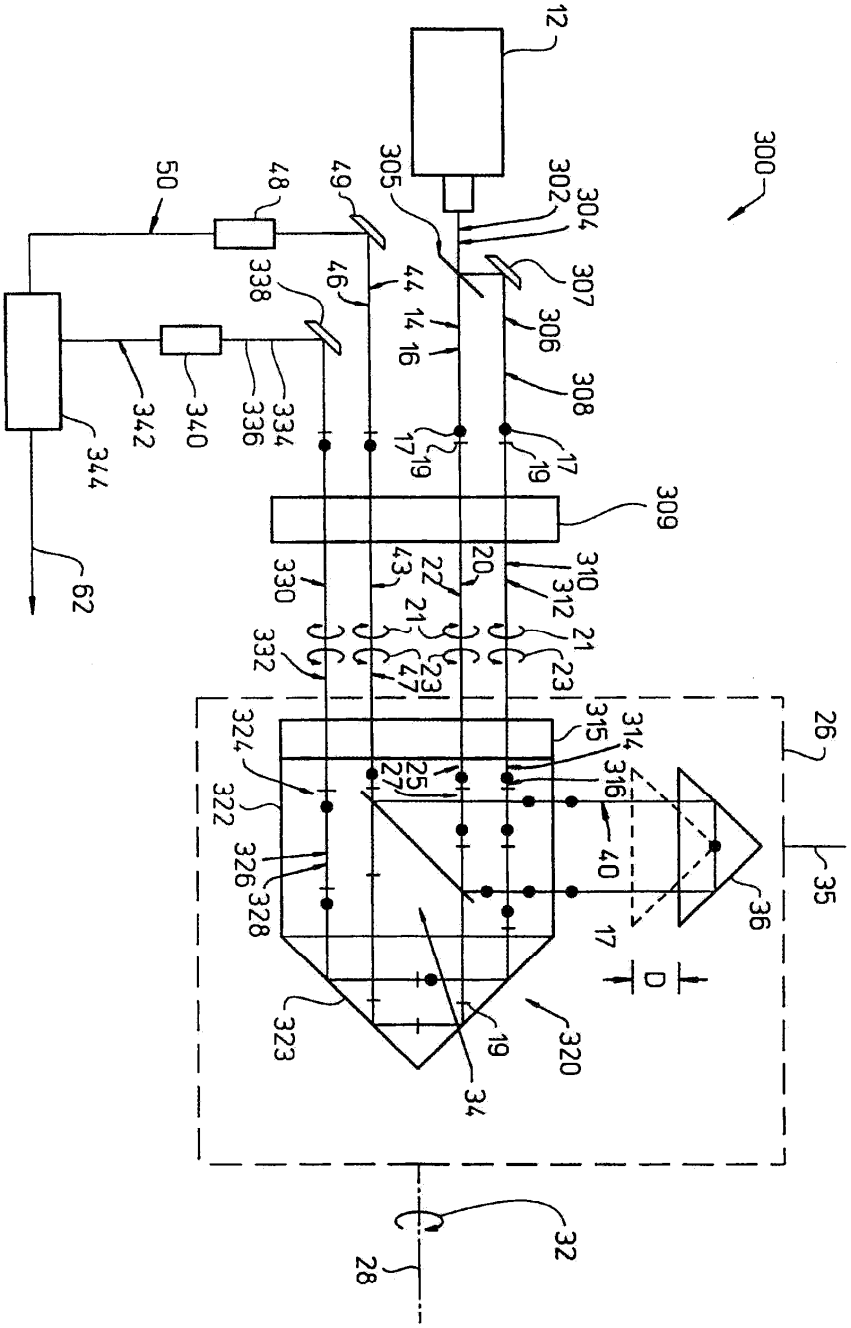
도면1


52
12
10
54
51
50
48
49
14
16
53
17
19
19
17
58
44
46
18
56
20
22
21
60
43
21
23
23
47
62
24
25
26
34
27
40
42
35
36
17
70
38
19
D
32
28

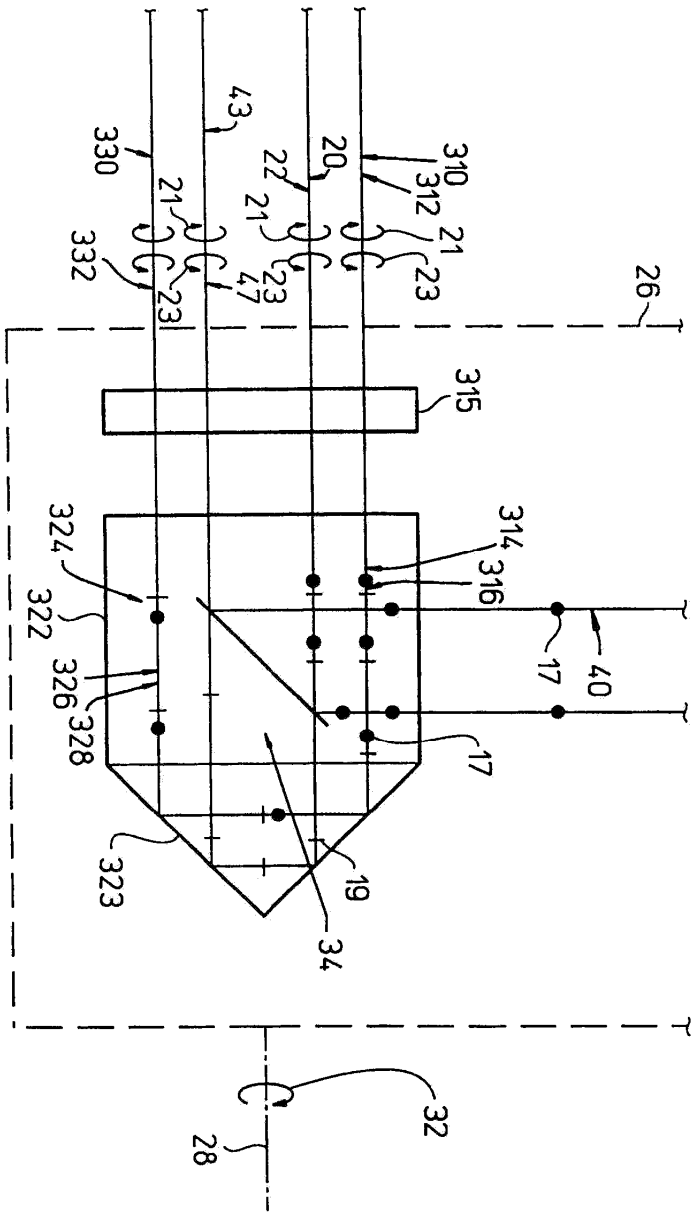
도면2



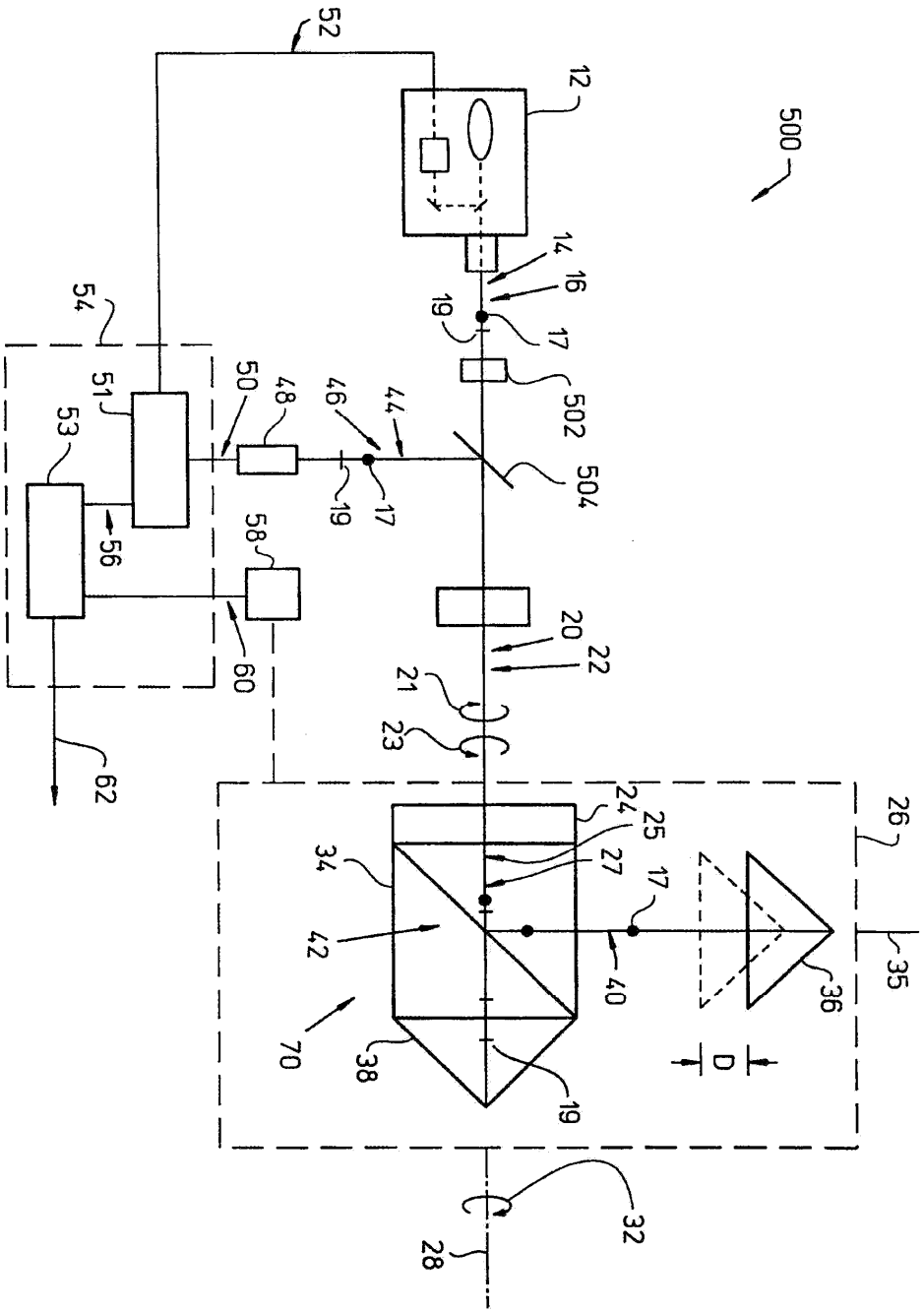
도면3


12
300
305
302
304
307
306
308
50
48
49
46
44
14
16
338
342
340
336
334
17
19
344
62
309
310
312
330
332
20
22
43
21
23
47
315
314
316
324
322
326
328
25
27
40
36
35
26
D
323
320
34
32
28

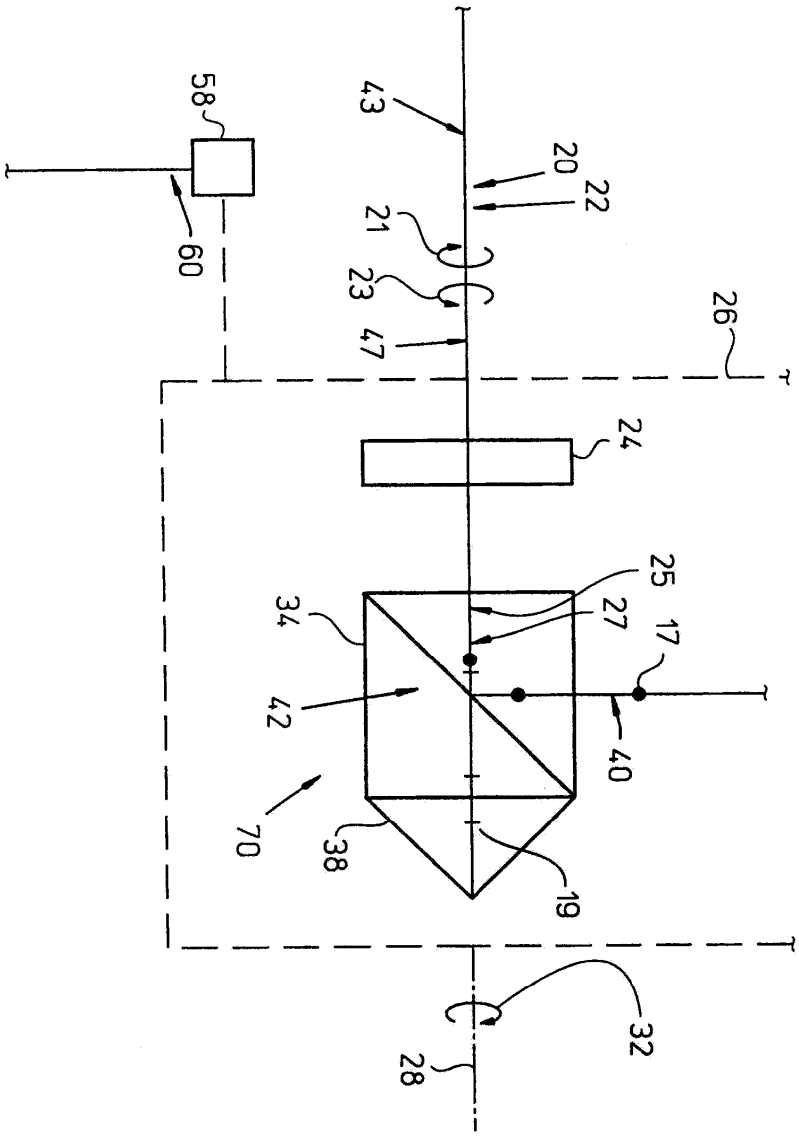
도면4


330
43
20
22
310
312
21
21
21
332
23
47
23
23
26
315
324
314
316
322
326
328
17
40
17
323
19
34
32
28

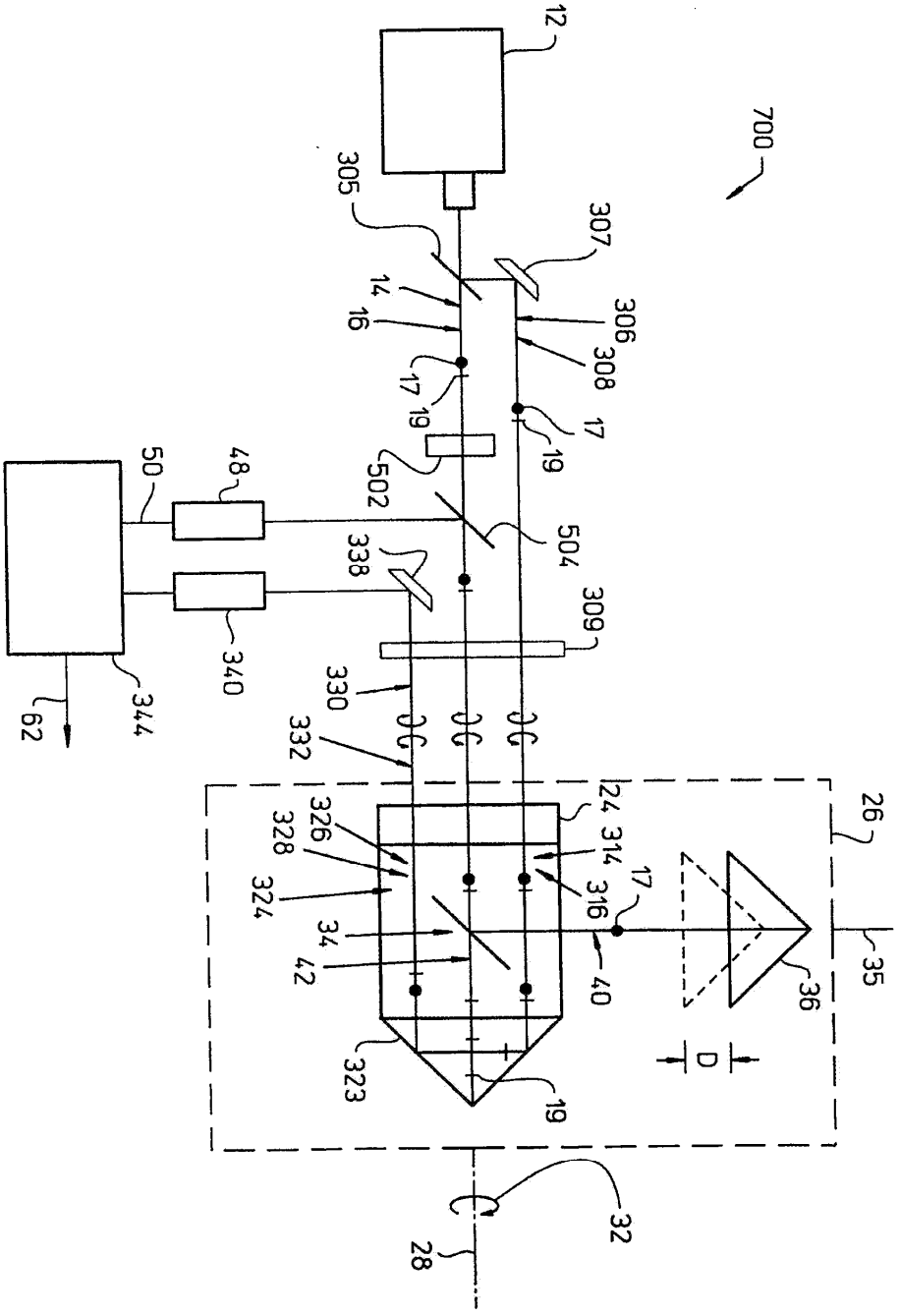
도면5


52
12
500
14
16
19
17
54
51
50
48
46
44
502
53
504
56
58
20
22
21
23
60
62
24
25
26
27
34
17
42
40
35
36
70
38
D
19
32
28

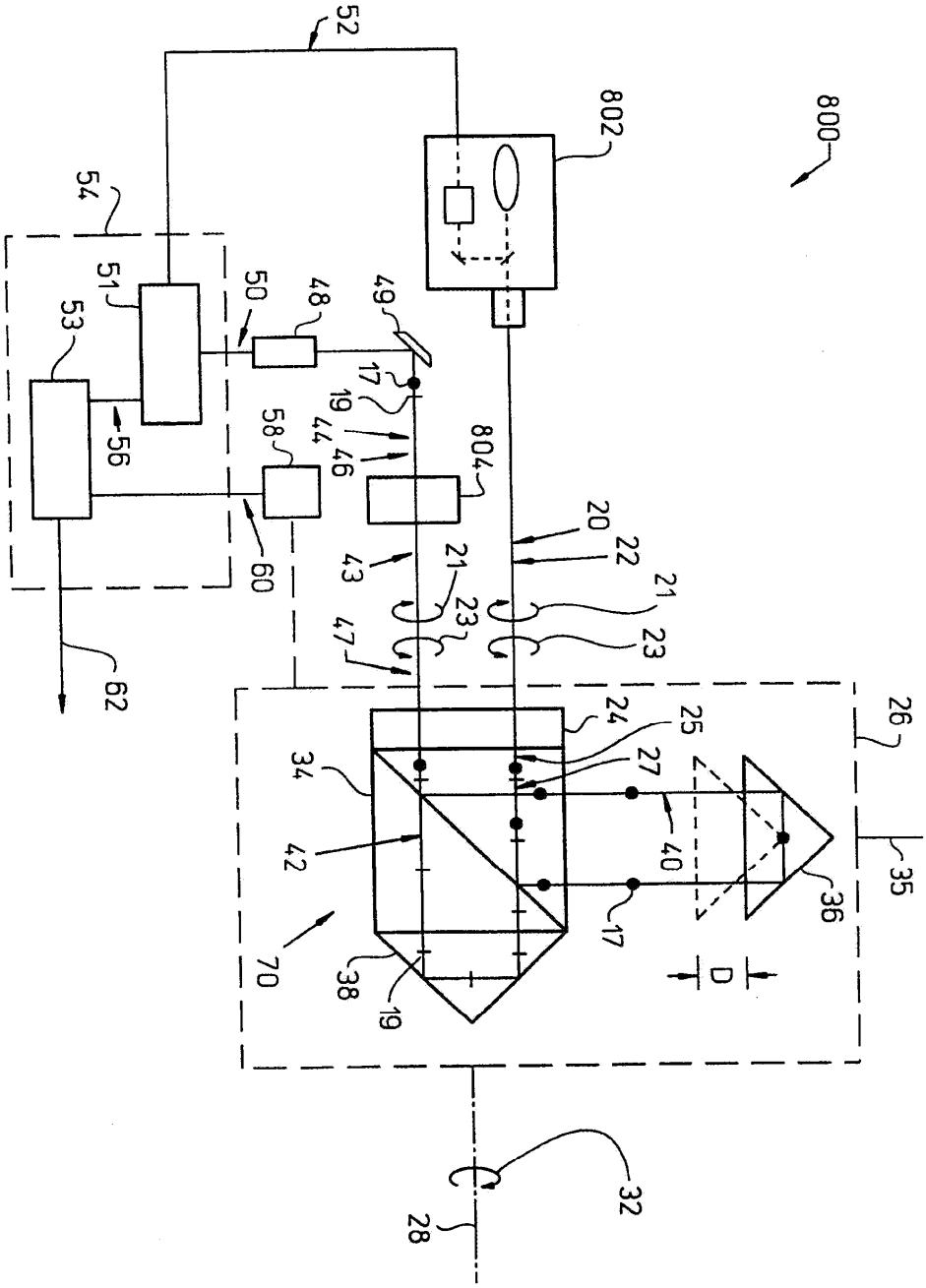
도면6



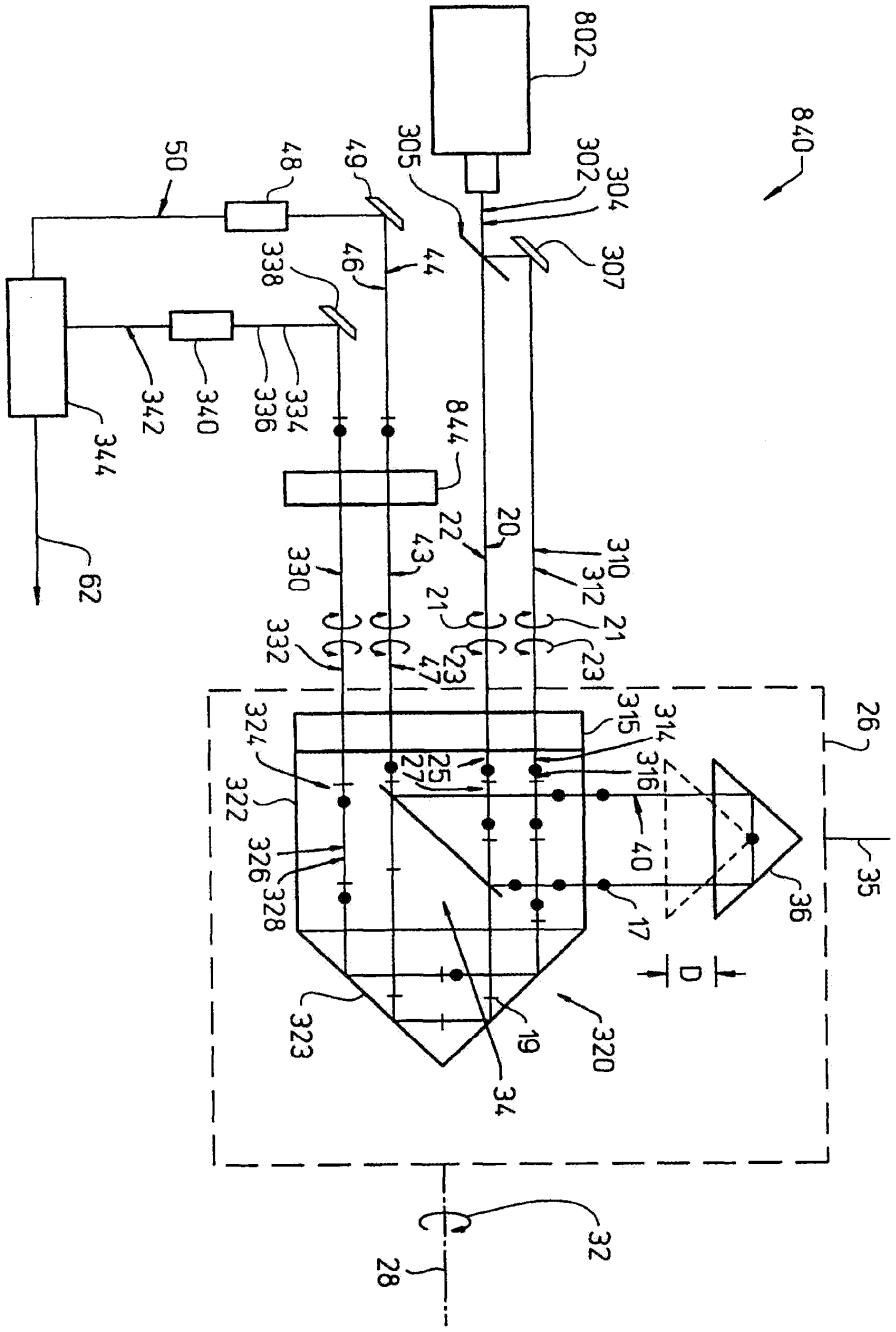
도면7


12
700
305
307
14
16
306
308
17
19
17
19
50
48
502
504
338
309
340
344
62
330
332
24
26
326
328
314
324
316
17
34
42
40
35
36
323
19
D
32
28

도면8a


52
802
800
54
51
50
48
49
53
17
19
44
46
58
804
56
60
20
22
43
21
23
47
62
24
25
26
27
34
40
42
35
36
17
70
38
19
D
32
28

도면8b


802
840
50
48
49
305
302
304
307
338
46
44
342
340
336
334
344
844
62
22
20
43
330
310
312
21
21
332
47
23
23
26
324
315
314
25
27
316
322
40
326
328
35
36
17
D
323
19
320
34
32
28