

(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(51) Int. Cl. <sup>6</sup> G01B 9/02	(45) 공고일자 1999년 10월 15일
	(11) 등록번호 10-0225923
	(24) 등록일자 1999년 07월 22일
(21) 출원번호 10-1997-0703617	(65) 공개번호 특 1998-0700547
(22) 출원일자 1997년 05월 27일	(43) 공개일자 1998년 03월 30일
번역문제출일자 1997년 05월 27일	
(86) 국제출원번호 PCT/US 95/15274	(87) 국제공개번호 WO 96/17221
(86) 국제출원일자 1995년 11월 21일	(87) 국제공개일자 1996년 06월 06일
(81) 지정국 AP ARIPO특허 : 케냐 말라위 수단 EA EURASIAN특허 : 아르메니아 벨라루스 키르기즈 카자흐스탄 몰도바 러시아 타지키스탄 EP 유럽특허 : 오스트리아 스위스 리히텐슈타인 독일 덴마크 스페인 핀란드 영국 룩셈부르크 포르투갈 스웨덴 OA OAPI특허 : 부르키나파소 베냉 중앙아프리카 콩고 코트디부아르 카메룬 가봉 기네 말리 모리타니 니제르 세네갈 차드 토고 국내특허 : 오스트레일리아 바베이도스 불가리아 브라질 캐나다 중국 체코 그루지야 헝가리 일본 북한 대한민국 스리랑카 리투아니아 라트비아 마다가스카르 몽고 노르웨이 뉴질랜드 폴란드 루마니아 슬로베니아 슬로바키아 트리니다드투바고	
(30) 우선권주장 8/345,878 1994년 11월 28일 미국(US)	
(73) 특허권자 더리전트 오브 더 유니버시티 오브 캘리포니아	
(72) 발명자 미합중국 94607-5200 캘리포니아주 오클랜드 플랭크린 스트리트 1111 5층 개리 이. 섬마아그렌	
(74) 대리인 미합중국 캘리포니아 95062 산타 그루즈 이튼 스트리트 749 백덕열, 손창규, 이태희	

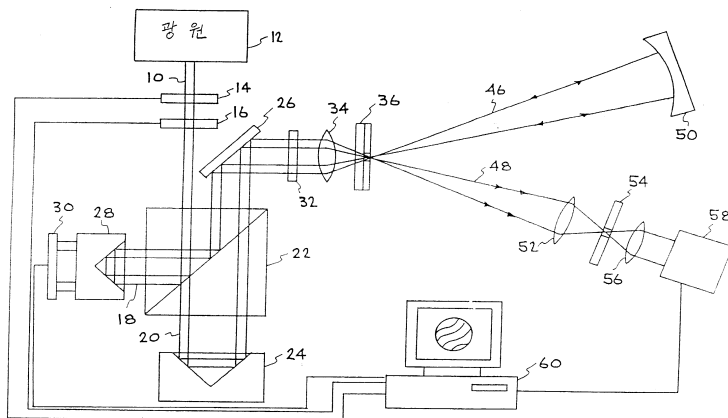
심사관 : 김상희

(54) 이상 회절 간섭계

요약

광원(12)으로부터의 선형 편광빔(10)이 중성필터(14)를 통과하는 간섭계 시스템. 이 빔(10)은 다음, 두 직교편광 빔을 발생하는 반파 지연판(16)을 통과한다. 상기 반파 지연판(16)의 각도 배향은 수직 및 수평 편광 성분간의 상대 강도를 조정하기 위해 사용된다. 이 편광 빔은 다음, 편광 빔스플리터(22)에 의해 분할된다. 다음, 전송 빔(20)은 편광 빔스플리터(22)를 통해 회전 미러(26)으로 고정 재귀반사기에 의해 반사된다. 이 반사된 빔(18)은 다른 빔과 평행하지만 그로부터 횡변위되지 않도록 압전 트랜슬레이터(30)에 장착된 재귀반사기에 의해 반사되어, 빔스플리터(22)를 통해 미러로 진행된다. 이는 발산되어 개구(42)에 의해 회절된 기준 빔(48)과 일치된다. 측정 빔(46)과 기준 빔(48)은 간섭하여, 광학계(50)와 완전한 구형 파두간의 광경로 차의 윤곽 맵을 나타내는 프린지 패턴을 발생시킨다.

대표도



명세서

## [발명의 명칭]

이상 회절 간섭계

## [기술분야]

본 발명은 간섭측정에 관한 것으로, 특히 고정밀도의 회절 간섭계에 관한 것이다.

## [배경기술]

광학 소자 또는 시스템의 성능을 측정하기 위해서는 간섭측정이 바람직하게 사용된다. 이 방법에 있어서, 광학계(optic)에 의해 반사 및 전송되는 빛의 파두면은 기준면으로 부터의 파두면과 간섭하여 간섭 프린지 패턴을 발생한다. 이 간섭 프린지는 광학계의 성능을 조사하기 위해 분석된다. 직접회로를 제조하기 위해 사용되는 리소그래피 스텝퍼에 있어서의 고성능 화상장치에 대한 이 간섭 측정은 고도의 정밀도로 행해져야 한다. 그러나, 정밀도는 기준면이 어떻게 잘 특정화되는가에 의해 제한된다. 일반적으로 기준면은  $\lambda/50$ ( $\lambda$ 는 가시광의 파장)에 불과하며, 이에 따른 고성능 광학시스템의 제조시 제한 요인으로 된다. 따라서,  $\lambda/1000$ 의 정밀도를 요하는 극자외선 투사 리소그래피를 필요로 하는 고정밀도 광학시스템의 제조시, 현존하는 간섭 측정을 사용할 경우에는 신뢰성을 확보할 수 없다.

## [발명의 상세한 설명]

본 발명의 목적은  $\lambda/1000$ 의 정밀도를 갖는 이상 회절 간섭계(phase shifting diffraction interferometer)를 제공하는 것이다.

간섭계는  $\lambda/1000$ ( $\lambda$ 는 가시광의 파장)의 정밀도로 광학소자 및 시스템을 측정할 수 있는 능력을 갖는다. 현행 간섭계는 측정 정밀도를 약  $\lambda/50$ 로 제한하는 기준면을 채용하고 있으나, 이 간섭계는 기본 회절 프로세스에 의해 발생된 기본적으로 완전한 구형 기준 파두(wavefront)를 사용한다. 이 간섭계는 신호대 잡음비를 최대화하는 단일 프린지 가시도를 제공하기 위해 조정가능하며, 테스트하여 기준 파두와 광학계로부터의 파두간의 제어 규정 상대 위상 이동을 도입하기 위한 수단을 구비하여, 표준 위상 추출 알고리즘을 사용한 간섭 프린지 패턴을 분석하도록 한다.

본 명세서에 기술된 간섭계는 기준면을 제거하고 기본 회절 프로세스에 의해 발생된 기본적으로 완전한 구형 기준 파두로 대체함으로써 고정밀도의 측정 능력을 갖는다. 현행 간섭계는 측정 정밀도를 제한하는 변위된 파두로 테스트될 광학계를 조명하나, 본 간섭계는 기본 회절 프로세스에 의해 발생된 기본적으로 완전한 구형기준 파두를 사용한다. 본 발명은 신호대 잡음비를 최대화하고 표준 위상 추출 알고리즘을 사용한 간섭 프린지 패턴을 분석하도록 한다.

## [도면의 간단한 설명]

제1도는 이상 회절 간섭계의 1실시예를 보인 도면.

제2a도는 제1도에 보인 간섭계 판의 1실시예를 보인 도면.

제2b도는 제1도에 보인 간섭계 판의 1실시예를 보인 도면.

제3도는 제1도에 보인 간섭계 판의 1실시예를 보인 도면.

제4도는 이상 회절 간섭계의 1실시예를 보인 도면.

제5도는 제4도에 보인 파이버 단부의 확대도.

제6도는 제4도에 보인 파이버의 기다란 단부를 보인 도면.

제7도는 코히어런트 길이를 이용한 이상 회절 간섭계의 1실시예를 보인 도면.

제8도는 싱글 모드 파이버를 사용한 본 발명의 1실시예를 보인 도면.

제9도는 제8도의 싱글 모드 파이버를 사용한 멀리 떨어진 단부에서의 상세도.

제10도는 두 파이버 광학계를 이용한 실시예를 보인 도면.

## [실시예]

제1도에 보인 간섭계 시스템은 본 발명의 개념을 잘 이해할 수 있도록 도시한 1실시예의 도면으로 이 바람직한 실시예는 예시적인 것으로 본 발명은 이에 한정되지 않는다. 이 시스템은 4부분, 즉 빔 조정 광학계; 간섭계; 검출 시스템; 및 컴퓨터시스템으로 구성된다.

빔 조정 광학계의 주요 구성부재는 광원, 강도 및 콘트라스트 제어부, 및 이상 모듈(phase shifting module)이다. 제1도에 있어서, 광원(12)(즉, 레이저)으로부터의 선형 편광 평행빔(collimated beam)(10)은 간섭계에 대한 빛의 레벨을 조절하기 위해 사용되는 가변 중성 필터(14)를 통과한다. 이 빔(10)은 다음 두 개의 직교 편광빔, 즉 (평면밖의) 수직 편광을 갖는 빔(18) 및 (평면내의) 수평 편광을 갖는 빔(20)(이들 두 빔은 빔(10)내에 있다)을 발생하는 반파 지연판(half-wave retardation plate)(16)을 통과한다. 반파 지연판(16)의 각도 방향은 수직 및 수평 편광 성분간의 상대적 강도를 조정하기 위해 사용된다. 이들 두 편광성분을 갖는 빔(18,20)은 다음, 수직 편광(빔 18)이 반사되는 동안 수평 편광(빔 20)이 전송되도록 편광 빔스플리터(22)에 의해 분할된다. 다음, 상기 전송된 빔(20)은 다시 편광 빔스플리터(22)를 통해 회전 미러(26)로 재귀반사기(24)에 의해 반사된다. 반사된 빔(18)은 편광 빔스플리터(22)를 통해 상기 회전 미러(26)로 압전(piezoelectric) 트랜스레이터(PZT)(30)에 장착된 재귀반사기(28)에 의해 반사되어 다른 빔에 평행하지만 그로부터 횡으로 변위된다. 상기 PZT(30)에 전압을 인가하여 재귀반사기(28)를 트랜스레이트하여 두 직교편광빔간의 상대 위상을 이동시킨다. 이 두 개의 빔은 이들에 같은 편광을 제공하기 위해 편광기(32)(45° 의 축)를 통과하고 간섭계 판(36)상의 현미경 대물렌즈(34)에 의해 초점이 맞추어진다.

제2a도에 있어서, 간섭계 판(46)은 고반사율, 저투과성의 금속막(40)으로 코팅된 유리기판(38)을 포함하며, 이들 통해 원형 개구(42)가 에칭된다. 개구(42)의 직경은 광원(12)의 파장 정도이다. 금속막(40)은 일반적으로 두께가 65nm인 알루미늄을 구비할 수도 있다. 제2b도에 보인 실시예에서, 간섭계 판(36)은 고반사, 저투과율의 금속막(40)으로 코팅된 유리기판(38)을 포함하며, 이들 통해 원형 개구(42)가 에칭되고, 그 위에, 개구가 없이 제2의 부분 투과 금속막(44)이 코팅된다. 개구(42)의 직경은 광원(12)의 파장 정도이다. 금속막(40)은 일반적으로 두께가 65nm인 알루미늄을 구비할 수 있으며, 금속막(44)은 일반적으로 두께가 26nm인 알루미늄을 구비할 수 있다. 상기 양 실시예의 간섭계 판(36)에 있어서, 금속막(40)과 제2금속막(44)은 알루미늄 외에 예컨대, 크롬, 금, 니켈, 실리콘 및 은과 같은 재료를 포함한다. 막의 두께는 사용되는 재료에 따라 가변적이다. 상기 판은 테스트하의 광학계를 조명하기 위해 판에 포커싱되는 빔의 하나를 사용하여 점원 측정 빔을 발생하도록 한다. 또한, 이와 동시에 다른 포커싱 빔을 사용하여 점원 기준 빔을 발생하도록 한다. 상기 측정 빔과 기준 빔은 회절에 의해 발생되기 때문에, 이들은 어떤 유한 입체각에 걸쳐 완전한 구형 파동을 포함한다.

빔(18,20)은 이들이 금속막(40)의 개구(42)에 입사될 수 있도록 간섭계 판(36)에 포커싱된다. 이들 양 빔은 개구(42)에 의해 회절되어, 개구를 떠남에 따라 발산되는 두 개의 구형 파동을 발생한다. 각 파형은 이들이 현미경 대물렌즈를 들어가는 대로 빔의 횡분리에 의해 한정되는 조명방향을 중심으로 한 유한 각 범위(파장에 대한 개구의 직경으로 정의)에 걸쳐 완전한 구형으로 된다. 제1도에 보인 바와 같이, 측정 빔(46)은 테스트시 광학계(50)를 조명한다. 이 광학계는 통상적으로 오목거울을 구비하여 간섭계 판(36)상에 측정 빔(46)을 포커싱하도록 위치된다. 광학계(50)의 유한범위 및 그의 변위로 인해, 포커싱된 측정 빔(46)은 금속막(40)의 개구(42)보다 훨씬 크게 되어, 이 포커싱된 측정빔(46)의 거의 전부가 제2a도에 보인 간섭계 판(36)의 실시예에 있어서의 막(40)에 의해 반사된다. 제2b도에 보인 간섭계 판(36)의 실시예에 있어서, 포커싱된 측정빔(46)은 막(44)에 의해 반사된다. 이는 발산하여 개구(42)에 의해 회절된 기준빔(48)과 합치된다. 측정 빔(46)과 기준 빔(48)은 간섭하여 광학계(50)로부터의 파도와 완전한 구형 파두간의 광로 차의 윤곽 맵을 나타내는 프린지 패턴을 발생한다.

검출 시스템은 테스트시 CCD 어레이 카메라의 광학계를 촬영하기 위한 촬상시스템으로 구성된다. 이 촬상 시스템은 렌즈(52), 간섭빔의 공간주파수 필터링용개구(54), 및 렌즈(56)를 포함한다. 개구(54)는 그를 통해 포커싱된 빔이 회절되지 않을 정도로 크다. 전형적인 사이즈는 250 $\mu$ m이다. 렌즈(52,56)의 사이즈는 테스트시 광학계의 사이즈에 따른다.

간섭계 판으로부터 발산하는, 코히어런스 측정빔(46)과 기준빔(48)은 스크린(도시되지 않음) 또는 CCD 카메라(58)상에 테스트시 광학계의 표면을 촬상하는 공간주파수 필터 촬상 시스템에 의해 수집된다. 이는 CCD 카메라(58)의 각 화소에서 간섭 파두의 위상이 광학계(50)상의 단일 포인트와 1대1 대응을 하도록 한다. 이는 또한, 광학계로부터의 에지 회절의 영향을 최소화한다. 간섭 빔의 중간 측정의 개구(54)는 간섭계 판(36)의 개구주위의 중간영역으로부터 어떤 광도 인입되지 않도록 필터링하기 위해 사용된다. CCD 카메라(58)는 일련의 간섭 패턴을 포착하여 이들을 컴퓨터 시스템(60)에 전송한다.

컴퓨터 시스템은 모니터를 구비한 컴퓨터 및 간섭 패턴의 콘트라스트와 광레벨을 제어하기 위한 소프트웨어, PZT를 번역하여 측정빔과 기준빔간의 상대 위상을 시프트시키기 위한 소프트웨어, 전송된 간섭 패턴을 사용하여 각 화소의 위상을 계산하기 위한 소프트웨어, 및 상기에 따른 위상 맵을 표시하기 위한 소프트웨어로 구성된다. 컴퓨터내에 판독되는 간섭 패턴을 분석하기 위한 이 소프트웨어는 현재 수개의 기업체에 의해 공급될 수 있다. Zygo Corporation은 Metro Pro 소프트웨어를 제작하고 있다. Phase Shift Technology는 Optic Code Analysis Software를 제작하고 있다. WYKO Corporation은 WISP 소프트웨어를 제작하고 있다.

컴퓨터로 전송되는 일련의 간섭 패턴은 PZT가  $2\pi$ rad 만큼 간섭 빔의 위상을 시프트시킬 때 포착된다. 간섭 패턴은 분석되어 간섭 프린지의 콘트라스트 및 광 레벨에 대한 적절한 세팅을 결정하도록 한다. 이 정보는 중성 필터(14) 및 반파지연판(16)을 조정하기 위해 사용된다. 일련의 제2간섭 패턴이 포착된 다음, 가화소의 위상을 결정하기 위해 분석된다. 이는 통상적으로 위상의 3D 플롯 또는 윤곽으로 표시된다. 이 위상 맵은 완전한 구로부터 광학계의 표면의 편차에 대응한다.

상기 간섭계의 특징은 :

- 회절에 의해 기준 빔이 임의의 유한 입체각에 걸친 완전한 구형파이다. 이 입체각은 광원으로 부터의 광의 파장에 관해 간섭계 판의 개구 사이즈에 의해 한정된다. 개구가 작을수록 입체각이 커진다.
- 회절에 의해 기준 빔이 발생되며 측정 빔과 동일한 입체각에 걸친 완전한 구형파이다.
- 이 간섭계에는 기준면이 필요하지 않다. 기준면은 간섭계에 있어서 오류의 주요 근원이며 달성가능한 정확도를 극도로 제한한다.
- 테스트시 광학계로부터 반사된 측정 빔은 간섭계 판의 개구에 다시 촬상 되어 기준 빔과 정확히 일치된다. 이는 정밀도를 가장 높일수 있는 이상적인 상태이다.
- 측정빔과 기준빔간의 상대 위상이 제어를 통해 시프트될 수 있다. 이는 분석될 일련의 간섭 패턴이 가장 높은 정확도로 각 화소 위치에서 위상을 결정하도록 한다.
- 측정빔과 기준빔간의 상대 강도가 최대로 가능한 콘트라스트를 제공하기 위해 (반파 지연판으로) 조정할 수 있다. 이는 정밀도를 최대로 높이기 위한 가장 큰 신호대 잡음비를 발생한다.

제3도에 있어서, 간섭계 판(37)은 테스트시 광학계에 따른 임의의 환경에 유용하게 사용될 수 있다. 여기에서 빔(18,20)은 각각 프리즘(17,19)을 통과하고, 두 개의 다른 개구, 즉 간섭계 판(37)의 금속막(45)의 개구(41,43)상에 렌즈(34)에 의해 포커싱된다. 이 프리즘에 의해 경사광이 빔 20과 빔 18사이에 유도된다. 사용 가능한 금속막은 간섭계 판(37)에 대해 기술된 것과 동일하다. 상기 개구(41,43)는 일반적으로 10~500 $\mu$ m만큼 서로 분리되어 있다. 두 측정 빔간의 전형적인 각도는 10~60°의 범위에 있다. 제3도에 보인 실시예에서, 빔(18)은 프리즘(17)을 통과하고 간섭계 판(37)의 개구(43)에 렌즈(34)에 의해 포커싱된다. 이에 따라 회절된 측정 빔(47)은 광학계(51)로부터 간섭계 판(37)의 개구(41)를 둘러싸는 반사

영역으로 반사된다. 이 빔은 기준 빔(49)과 동일한 경로를 따라 반사되어 그 사이에 반사 패턴을 발생한다. 이 실시예는 간섭계 판(37)에 대해 오목한 광학면을 테스트하기 위해 사용된다.

파이버 광학 기술에 입각한 간섭계 시스템의 다른 형태는 상기 같은 원리로 동작한다. 제4도에 있어서, 광원(12)은 싱글 모드 파이버(64)상의 단부에 렌즈(62)에 의해 포커싱된다. 가변 파이버 커플러(66)는 빔을 두 개의 파이버, 즉 파이버 68과 파이버 72로 분리한다. 각 파이버로 분리된 광의 비율은 최대 프리지 콘트라스트를 위해 선택된다. 파이버(68)는 측정 빔(70)용으로 사용된다. 기준 빔(74)을 전송하는 파이버(72)는 인가 전압에 의해 팽창되는 PZT실린더 (76) 주위를 둘러싼다. 이는 파이버(72)에 응력을 가해 그 반사계수를 변경시키며, 파이버(68)로부터의 측정 빔(70)에 대한 위상 시프트를 유도한다. 파이버의 단부를 떠난 측정 빔(70)은 회절되어 임의의 유한 입체각에 걸쳐 완전한 구형 파동을 발생한다. 이 입체각은 광원(12)으로부터의 광의 파장에 관한 파이버 코어의 사이즈에 의해 정의된다. 이 구형 측정 빔(70)은 테스트시 광학계(78)를 조명하며, 광학계는 이 빔을 기준 빔에 대해 파이버의 단부에 포커싱한다. 제5도는 파이버(72)의 출구부의 확대도이다. 측정 빔(70)은 파이버(72)의 단부의 반사성 금속막(73)에 포커싱되며, 기준 빔(74)과 동일한 경로를 따라 반사된다. 이 시스템의 나머지는 제1도에 도시한 바와 같다. 이 실시예는 포지티브 렌즈를 테스트하기 위해 사용된다.

제6도에 있어서, 간섭계 판에 대한 개구 사이즈와 정합시키기 위해 파이버(68,72)의 코어 직경을 수축시킬 필요가 있다. 이는 파이버의 가열 및 신장에 의해 달성된다. 예컨대, 클래딩(84)과 코어(80)를 갖는 파이버(72)는 가열 및 신장 되어 미연신 코어부(80)보다 작은 직경을 갖는 연신부(82)로 된다. 금속막(73)은 가열 및 연신후 코팅되며, 상기한 막의 임의의 막을 포함할 수 있다. 금속막의 1실시예는 26nm의 두께를 갖는 알루미늄을 포함할 수 있다. 싱글 모드 파이버는 일반적으로 약 4 $\mu$ m이 코어 직경을 갖는다. 측정 빔은 파이버의 단부로부터 반사되는 반면 기준 빔은 막을 통해 전송 및 회절되어 측정 파동과 동일한 유한 입체각에 걸쳐 완전한 구형 파동을 제공한다. 이 입체각은 광원(12)으로부터의 광의 파장에 관한 파이버 코어의 사이즈에 의해 한정된다. 활상, 컴퓨터 시스템, 데이터 인식 및 분석은 전술한 바와 동일하다. 이 파이버 광학계는 상기한 시스템의 모든 이점은 제공함은 물론, 간섭 측정 구성에 맞추어 측정 및 기준 파이버가 임의의 위치로 독립적으로 이동하기 위한 여유도를 제공한다. 광원(12)이 짧은 코히어런스 길이를 포함할 경우, 파이버 길이(68,72)는 측정 빔(70)과 기준 빔(74)에 대한 가변 파이버 커플러(66)에서 파이버(72)로의 광 경로 길이가 동일하게 되도록 조정되어야 한다.

제7도에 본 발명의 다른 실시예를 도시했다. 이 실시예에서, 광원(12)은 짧은 코히어런스 길이를 가지며, 빔(18,20)은 편광 빔스플리터를 통해 반사되어 일치 및 공선으로 된다. 재귀반사기(24)는 광경로 길이 ACD가 광경로 길이 ABDE와 동일하도록 위치된다. 즉, 재귀반사기(24)는 두 광경로간의 일주 빔 경로의 차가 테스트시 광학계와 간섭계 판간의 일주 경로와 동일한 위치로 이동된다. 간섭 측정과 간섭 빔의 광경로 길이는 동일하다. 제1도에 보인 바와 같이, PZT(30)는 임의의 재귀반사기에 부착될 수 있다. 이 조건은 간섭 패턴에 있어서의 높은 콘트라스트의 프리지를 발생하며 측정 빔에서 간섭 빔으로 전파하는 광으로 인한 잉여 간섭을 제거한다. 이 구성은 또한, 기준 빔에서 측정 빔으로 전파하는 광으로 인한 잉여 간섭을 제거한다.

제8도에 본 발명의 다른 실시예를 도시했다. 이 실시예는 간섭계 판(36)이 싱글 모드 광파이버(86)로 대체된 것을 제외하고 제7도와 동일하다. 상기 싱글 모드 광파이버(86)는 간섭계 판(36)과 동일한 목적으로 작용하며, 제9도에 상세히 도시했다. 이 실시예는 공액이 일치하도록 광학계를 측정시, 예컨대 그의 만곡 중심에서 오목거울을 측정할 때 매우 유용하다.

제9도는 싱글 모드 광파이버(86)의 원단(far end)을 상세히 도시한 것이다. 이는 연마된 평면으로 되어 매끈하며 싱글 모드 광파이버(86)로 부터의 광의 약 40%를 반사 및 전송하는 얇은 반사금속층(90)으로 코팅된다.

제1도에 본 발명의 다른 실시예를 도시했다. 이 실시예는, 빔(18,20)이 편광 빔스플리터(22)를 통해 반사되어 평행하게 되어 서로 치환되는 것을 제외하고 제8도와 유사하다. 반사된 빔(18)은 회전 거울(27)로부터 반사되어 편광기(33)를 통과하며, 제2싱글 모드 광파이버(87)상의 현미경 대물렌즈로 포커싱되도록 된다. 상기 싱글 모드 광파이버(87)의 단부를 떠난 측정 빔(89)은 회절되어 임의의 유한입체각에 걸쳐 완전한 구형 파동을 생성한다. 테스트시 광학계(92)를 통과한 후, 수차가 측정 빔(89)으로 전달된다. 포커싱된 측정빔(89)은 싱글 모드 광파이버(87)의 표면의 반사 금속층(90)에 의해 반사된다. 이는 발산되어, 회절된 기준빔(48)과 합치되어 임의의 유한 입체각에 걸쳐 완전한 구형 파동을 생성한다. 전술한 바와 같이 발생한 간섭에 있어서, 싱글 모드 광파이버(86,87)의 길이는 동일하며, 재귀반사기(24)는 상기 광경로 길이 ACD가 광경로 길이 ABF + GH와 동일하도록 위치된다. 이를 발생시키기 위한 간섭에 대한 다른 요망사항은 기준빔(48)과 측정빔(89)의 편광이 동일하여야 한다는 것이다. 이는 각 빔의 편광상태를 결정한 다음, 측정빔(89)과 기준빔(48)이 동일한 편광 상태로 될 때 까지 파이버를 물리적으로 처리함으로써 달성된다. 이 실시예는 그들의 공액(conjugate)이 공간적으로 구분되도록 광학계를 측정할 때 예컨대 영상 시스템을 측정할 때 가장 유용하다.

전술한 실시예는 오목 거울 및 포지티브 렌즈에 대한 측정에 대해 기술하였으나, 볼록거울 및 네가티브 렌즈에 대한 다른 실시예도 가능하다.

상기와 같이 본 발명을 특정 실시예를 예로 들어 기술하였으나, 본 발명의 관점과 정신을 벗어나지 않고도 여러 가지로 변경 및 수정이 가능할 것이며, 본 발명은 첨부된 특허청구범위에 의해 한정될 것이다.

## (57) 청구의 범위

### 청구항 1

선형으로 편광되고, 평행(collimate) 및 코히어런트(coherent) 빔의 광을 두 개의 평행하고 공간적으로 분리되며, 직교편광된 코히어런트의 빔으로 분리하기 위한 수단; 상기 광의, 두 개의 평행하고 공간적으로 분리되며, 직교편광된 코히어런트빔들간의 위상 시프트를 유도하기 위한 수단; 두 개의 평행하고 공간적으로 분리되며, 직교편광된 코히어런트 빔들의 광을 두 개의 평행하고 공간적으로 분리되며, 동일하게

편광된 코히어런트 빔들의 광으로 배향시키기 위한 편광기; 두 개의 평행하고 공간적으로 분리되며, 동일하게 편광된 코히어런트 빔들의 광을 초점에 맞추기 위한 수단; 간섭계 판으로서, 유리기판; 상기 유리기판에 접착된 고반사율 금속막; 및 원형 개구가 상기 초점에 위치되고 또한 상기 광의 코히어런트 빔의 파장 정도의 직경을 갖고, 상기 간섭계 판이 상기 초점에서 상기 광의 두 개의 평행하고 공간적으로 분리되며, 동일하게 편광된 코히어런트 빔을 회전시켜 측정 빔 및 기준 빔을 발생시키는, 상기 유리기판 및 상기 고반사율 금속막으로 통하는 적어도 하나의 원형 개구를 포함하는 간섭계 판; 및 상기 개구 및 상기 고반사율 금속막상에 상기 측정 빔을 포커싱하기 위한 수단을 포함하며, 상기 측정 빔과 기준 빔은 간섭 패턴을 형성하도록 조합되는 것을 특징으로 하는 이상 회절 간섭계.

## 청구항 2

선형으로 편광되고, 평행 및 코히어런트 빔의 광을 생성시키기 위한 광원; 제1단부 및 제2단부를 갖는 싱글 모드 파이버; 상기 코히어런트 빔의 광을 상기 싱글 모드 파이버의 제1단부에 포커싱시키기 위한 수단; 상기 싱글 모드 파이버의 제2단부에 고정적으로 또는 광학적으로 연결된 가변 파이버 광학계 스플리터로서, 상기 가변 파이버 스플리터는 제1파이버 광학계 및 제2파이버 광학계를 포함하며, 상기 제1파이버 광학계는 측정 빔을 전송시키기 위한 것이고, 상기 제2파이버 광학계는 기준 빔을 전송시키기 위한 것이며, 상기 제1파이버 광학계 및 상기 제2파이버 광학계는 공히 광의 코히어런트 빔의 파장 정도의 직경을 갖는 코어를 구비하는 직경이 감소된 부분을 갖는 출력단을 포함하고, 상기 제2파이버 광학계의 출력단은 고반사 금속막을 구비하는, 가변 파이버 광학계 스플리터; 압전(piezoelectric)(PZT)실린더로서, 상기 제2파이버 광학계가 상기 PZT 실린더 둘레에 권취되고, PZT 실린더를 팽창시켜 상기 제2파이버 광학계의 굴절률 변화를 야기시키기 위해 전압이 상기 PZT 실린더에 인가될 때 상기 제2파이버 광학계가 팽창되며, 이에 따라 상기 제1파이버 광학계 및 상기 제2파이버 광학계에서 일주하는 광 사이에 위상 시프트를 유도하는, 압전(PZT) 실린더; 및 상기 제2파이버 광학계가 상기 직경이 감소된 부분의 고반사 금속막 및 코어에 상기 기준 빔을 포커싱시키기 위한 수단을 포함하며, 상기 측정 빔과 상기 기준 빔은 간섭 패턴을 형성하기 위해 조합되는 것을 특징으로 하는 이상 회절 간섭계.

## 청구항 3

선형으로 편광되고, 평행 및 코히어런트 빔의 광을 생성시키기 위한 수단; 상기 코히어런트 빔의 광으로부터 측정 빔과 기준 빔을 생성하기 위한 수단으로, 상기 측정 빔과 기준 빔을 생성하기 위한 수단은 고반사 금속막을 구비하는 수단; 상기 측정 빔과 기준 빔간의 위상 시프트를 유도하기 위한 수단; 및 상기 고반사 금속막상에 상기 측정 빔을 포커싱시키기 위한 수단을 포함하며, 상기 측정 빔과 상기 기준 빔은 간섭 패턴을 형성하기 위해 조합되는 것을 특징으로 하는 이상 회절 간섭계.

## 청구항 4

선형으로 편광되고, 평행 및 코히어런트 빔의 광을 생성시키기 위한 스텝; 고반사 금속막을 구비하는, 상기 코히어런트 빔의 광으로부터 측정 빔과 기준 빔을 생성하는 스텝; 상기 측정 빔과 기준 빔간의 위상 시프트를 유도하는 스텝; 및 상기 고반사 금속막상에 상기 측정 빔을 포커싱시키는 스텝을 포함하며, 상기 측정 빔과 상기 기준 빔은 간섭 패턴을 형성하기 위해 조합되는 것을 특징으로 하는 간섭 패턴의 생성 방법.

## 청구항 5

제1항에 있어서, 상기 선형으로 편광되고, 평행 및 코히어런트 빔들의 광을 두 개의 평행하고 공간적으로 분리되며, 직교편광된 코히어런트의 빔들의 광으로 분리하기 위한 수단은, 선형으로 편광되고, 평행 및 코히어런트 빔의 광을 생성시키기 위한 광원; 상기 선형으로 편광되고, 평행 및 코히어런트 빔의 광을 제어하기 위한 가변 중성 필터; 상기 선형으로 편광되고, 평행 및 코히어런트 빔의 광 내에서, 수직 성분 및 수평 성분을 포함하는 두 직교편광된 성분의 광을 생성시키기 위한 반파 지연판으로, 상기 반파 지연판의 각도 배향이 상기 수직 성분과 상기 수평 성분간의 상대 강도를 조정하기 위해 사용되는, 반파 지연판; 제1전송의 수평 편광 성분을 생성시키도록 상기 수평 성분을 전송하기 위해 광학적으로 위치한 편광 빙스플리터로서, 이 편광 빙스플리터는 제1반사의 수직편광 성분을 생성시키도록 상기 수직 성분을 반사시키기 위해 광학적으로 위치도 있는, 편광 빙스플리터; 수평 편광 빔을 생성시키도록 그를 통해 전송되는 상기 편광 빙스플리터로 상기 제1전송의 수평 편광 성분을 횡방향으로 반사시키기 위해 광학적으로 위치되어 있는 제1재귀반사기(retroreflector); 및 수직 편광 빔을 생성시키도록 그로부터 반사되는 상기 편광 빙스플리터로 상기 제1반사의 수직 편광 성분을 횡방향으로 반사시키기 위해 광학적으로 위치되어 있는 제2재귀반사기를 포함하며, 상기 수직 편광 빔과 상기 수평 편광 빔은 함께, 두 개의 평행하고 공간적으로 분리되며, 직교편광된 코히어런트의 빔의 광을 포함하는 것을 특징으로 하는 이상 회절 간섭계.

## 청구항 6

제5항에 있어서, 상기 두 개의 평행하고 공간적으로 분리되며, 직교편광된 코히어런트의 빔의 광사이의 위상 시프트를 유도하기 위한 수단은, 상기 제1재귀반사기와 상기 제2재귀반사기를 구성하는 그룹에서 선택된 재귀반사기에 장착된 압전 트랜슬레이터(PZT)를 포함하며, 상기 PZT는 이 PZT에 전압이 인가될 때 상기 재귀반사기를 트랜슬레이트하며, 이에 따라 상기 두 개의 평행하고 공간적으로 분리되며, 직교편광된 코히어런트의 빔의 광사이의 상대 위상을 시프트시키는 것을 특징으로 하는 이상회절 간섭계.

## 청구항 7

제6항에 있어서, 상기 간섭계 판은 상기 고반사 금속막에 접착된 부분 반사 금속막을 더 포함하며, 상기 부분 반사 금속막은 상기 고반사 금속막 및 상기 개구를 덮는 것을 특징으로 하는 이상 회절 간섭계.

## 청구항 8

제7항에 있어서, 상기 개구 및 고반사 금속막상에 상기 측정 빔을 포커싱시키기 위한 수단은 테스트될 광

학계를 포함하는 것을 특징으로 하는 이상 회절 간섭계.

#### 청구항 9

제8항에 있어서, 상기 간섭 패턴을 촬상하기 위한 촬상 시스템을 더 포함하며, 상기 촬상 시스템은 제1렌즈, 개구 및 제2렌즈를 구비하는 공간주파수 필터를 포함하고, 상기 공간주파수 필터는 상기 간섭 패턴을 전송시키도록 위치되며, 상기 개구는 상기 간섭 패턴을 회절시키지 않을 정도로 큰 것을 특징으로 하는 이상 회절 간섭계.

#### 청구항 10

제9항에 있어서, 상기 촬상 시스템은 상기 간섭 패턴이 상기 공간주파수 필터를 통해 전송된 후 이를 표시하기 위한 스크린을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 이상 회절 간섭계.

#### 청구항 11

제9항에 있어서, 상기 촬상 시스템은 전자결함 표시 카메라 및 상기 간섭 패턴이 상기 공간주파수 필터를 통해 전송된 후 이를 표시하기 위한 스크린을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 이상 회절 간섭계.

#### 청구항 12

제9항에 있어서, 상기 CCD 카메라로 부터의 간섭 패턴을 판독하고, 상기 간섭 패턴의 강도 및 콘트라스트를 조절하며, 상기 PZT를 트랜스레이트하고, 각 화소의 위상을 계산하며 이에 따른 위상 맵을 표시하기 위한, 중앙처리장치, 메모리 및 소프트웨어를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 이상 회절 간섭계.

#### 청구항 13

제8항에 있어서, 상기 두 개의 평행하고 공간적으로 분리되며, 동일하게 편광된 코히어런트 빔의 광을 초점에 맞추기 위한 상기 수단은 두 빔의 각 빔에 있는 프리즘을 포함하며, 상기 프리즘은 상기 두 빔을 서로 이격하여 회절시키며, 상기 두 개의 평행하고 공간적으로 분리되며, 동일하게 편광된 코히어런트 빔의 광을 포커싱하기 위한 수단은 렌즈를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 이상 회절 간섭계.

#### 청구항 14

제1항에 있어서, 상기 적어도 하나의 원형 개구는 두 개의 개구를 포함하며, 상기 렌즈는 상기 두 개의 평행하고 공간적으로 분리되며, 동일하게 편광된 코히어런트 빔의 광을 상기 두 개구의 각 개구에 초점을 맞추는 것을 특징으로 하는 이상 회절 간섭계.

#### 청구항 15

선형으로 편광되고, 평행 및 코히어런트 빔의 광을 두 개의 직교편광되고 공간적 코히어런트 성분의 광으로 분리하기 위한 수단; 상기 두 개의 직교편광되고 공간적으로 코히어런트한 성분의 광을 유도하기 위한 수단; 상기 두 개의 직교편광되고 공간적으로 코히어런트한 성분의 광을 두 개의 동일하게 편광되고 공간적으로 코히어런트한 성분으로 배향시키기 위한 편광기; 상기 두 개의 동일하게 편광되고 공간적으로 코히어런트한 성분의 광을 초점에 맞추기 위한 수단; 간섭계 판으로서, 유리기판; 상기 유리기판에 접착된 고반사율 금속막; 및 원형 개구가 상기 초점에 위치되고 또한 상기 선형으로 편광되고, 평행 및 공간적으로 코히어런트한 광의 파장 크기 정도의 직경을 갖고, 상기 간섭계 판이 상기 초점에서 상기 두 개의 동일하게 편광되고 공간적으로 코히어런트한 성분의 광을 회절시켜 측정 빔 및 기준 빔을 발생시키는, 상기 유리기판 및 상기 고반사율 금속막을 통하는 적어도 하나의 원형 개구를 포함하는 간섭계 판; 및 상기 개구 및 상기 고반사율 금속막에 상기 측정 빔을 포커싱하기 위한 수단을 포함하며, 상기 측정 빔과 기준 빔은 간섭 패턴을 형성하기 위해 조합되는 것을 특징으로 하는 이상 회절 간섭계.

#### 청구항 16

제15항에 있어서, 상기 분리수단은, 상기 빔의 광을 발생하기 위한 공간적으로 일치되고 일시적으로 일치되지 않는 광원; 상기 빔의 광 강도를 제어하기 위한 가변 중성 필터; 수직 성분 및 수평성분의 상기 빔 내에서 생성하기 위한 반파 지연판으로, 상기 판의 각도 배향이 상기 수직 성분과 상기 수평 성분간의 상대 강도를 조정하기 위해 사용되는, 반파 지연판; 제1전송 성분을 생성시키도록 상기 수평 성분을 전송하기 위해 광학적으로 위치된 편광 빔스플리터로서, 이 편광 빔스플리터는 제1반사 성분을 생성시키도록 상기 수직 성분을 반사시키기 위해 광학적으로 위치되어 있는, 편광 빔스플리터; 수평 편광 빔을 생성시키도록 그를 통해 전송되는 상기 빔스플리터로 상기 제1전송 성분을 횡방향으로 반사시키기 위해 광학적으로 위치되어 있는 제1재귀반사기; 및 그로부터 반사시켜 수직 편광 빔을 생성시키도록 상기 빔스플리터로 상기 제1반사 성분을 횡방향으로 반사시키기 위해 광학적으로 위치되어 있는 제2재귀반사기를 포함하며, 상기 수직 편광 빔과 상기 수평 편광 빔은 공선(colinear)인 것을 특징으로 하는 이상 회절 간섭계.

#### 청구항 17

제16항에 있어서, 상기 제1재귀반사기와 상기 제2재귀반사기로 구성되는 그룹에서 선택된 재귀반사기는, 상기 제1반사 성분으로부터 상기 테스트될 광학계까지의 빔 경로가 상기 제1전송 성분으로부터 상기 간섭계 판의 개구까지의 빔 경로와 동일하도록 광학적으로 위치되는 것을 특징으로 하는 이상 회절 간섭계.

#### 청구항 18

평행 및 공간적으로 코히어런트한 빔의 광내에서 수직 성분 및 수평성분을 포함하는 두 개의 직교편광된 성분의 광을 발생하기 위한 수단; 위상 시프트된 빔을 발생시키기 위해, 상기 수직 성분 및 수평성분간의 위상 시프트를 유도하기 위한 수단; 상기 위상 시프트된 빔으로부터 측정 빔 및 기준 빔을 발생시키기 위한 수단; 및 간섭 패턴을 형성하기 위해 상기 측정 빔 및 기준 빔을 조합하기 위한 수단을 포함하는 것을

특징으로 하는 이상 회절 간섭계.

#### 청구항 19

제18항에 있어서, 평행 및 공간적으로 코히어런트한 빔의 광내에서, 수직 성분 및 수평성분을 포함하는 두 개의 직교편광된 성분의 광을 발생하기 위한 상기 수단은, 선형으로 편광되고, 평행 및 공간적으로 코히어런트한 빔의 광을 발생하기 위한 광원; 및 상기 선형으로 편광되고, 평행 및 공간적으로 코히어런트한 빔의 광내에서, 수직 성분 및 수평성분을 포함하는 두 개의 직교편광된 성분의 광을 발생하기 위한 반파 지연판을 포함하며, 상기 반파 지연판의 각도 배향이 상기 수직 성분과 상기 수평 성분간의 상대 강도를 조정하기 위해 사용되는 것을 특징으로 하는 이상 회절 간섭계.

#### 청구항 20

제19항에 있어서, 상기 수직 성분과 수평성분간의 위상 시프트를 유도하기 위한 수단은, 제1반사 수직 편광 성분을 생성시키도록 상기 수직 성분을 반사시키기 위해 광학적으로 위치된 편광 빔스플리터로서, 이 편광 빔스플리터는 제1전송 편광 성분을 생성시키도록 상기 수평 성분을 전송하기 위해 광학적으로 위치되는, 편광빔스플리터; 수평 편광 빔을 생성시켜 그를 통해 전송하기 위해 상기 편광 빔스플리터로 상기 제1전송 수평 편광 성분을 횡방향으로 반사시키기 위해 광학적으로 위치된 제1재귀반사기; 및 수직 편광 빔을 생성시켜 그로부터 반사시키기 위해 상기 편광 빔스플리터로 상기 제1반사 수직 편광 성분을 횡방향으로 반사시키기 위해 광학적으로 위치되어 있는 제2재귀반사기를 포함하며, 상기 수직 편광 빔과 상기 수평 편광 빔은 공선이며, 위상 시프트를 유도하기 위한 상기 수단은 상기 제1재귀반사기와 상기 제2재귀반사기로 구성되는 그룹에서 선택된 PZT 반사기상에 장착된 압전 트랜슬레이터(PZT)를 포함하는 것을 특징으로 하는 이상 회절 간섭계.

#### 청구항 21

제20항에 있어서, 상기 위상 시프트된 빔으로부터 상기 측정 빔과 기준 빔을 발생하기 위한 상기 수단은, 입력단과 출력단을 포함하고, 상기 출력단은 기판에 내장되어 있고 또한 얇은 반사 금속층을 더 포함하는, 싱글 모드 파이버; 상기 싱글 모드 파이버의 입력단에 상기 위상 시프트된 빔을 포커싱하기 위한 수단을 포함하며, 상기 제1재귀반사기와 상기 제2재귀반사기는, 이 상기 제1재귀반사기와 상기 제2재귀반사기간의 일주 빔 경로의 차가 테스트시의 광학계와 상기 싱글 모드파이버의 출력간의 일주 빔 경로와 동일하도록 위치되는 것을 특징으로 하는 이상 회절 간섭계.

#### 청구항 22

선형으로 편광되고, 평행 및 공간적으로 코히어런트한 빔의 광을 수직 편광 빔 및 수평 편광빔을 포함하는 두 개의 평행하고 공간적으로 분리되고 직교편광된 코히어런트 빔의 광으로 분리하기 위한 수단; 상기 수직 편광빔과 수평 편광빔간의 위상 시프트를 유도하기 위한 수단 제1입력단과 제1출력단을 포함하고, 상기 제1출력단은 기판에 내장되어 있고 또한 얇은 반사 금속층을 더 포함하는, 제1싱글 모드 파이버; 제2입력단과 제2출력단을 포함하는 제2싱글 모드 파이버; 사이 제1싱글 모드 파이버와 상기 제2싱글 모드 파이버는 동일한 길이를 가지며; 상기 수평 편광 빔을 상기 제1싱글 모드 파이버에 포커싱시키기 위한 수단으로, 기준 빔이 상기 제1출력단으로부터 발산하는, 수단; 상기 수직 편광 빔을 상기 제2싱글 모드 파이버에 포커싱시키기 위한 수단으로, 신호 빔이 상기 제2출력단으로부터 발산하는, 수단; 및 간섭 패턴을 형성하기 위해 상기 측정 빔과 기준 빔을 조합하기 위한 수단을 포함하는 것을 특징으로 하는 이상 회절 간섭계.

#### 청구항 23

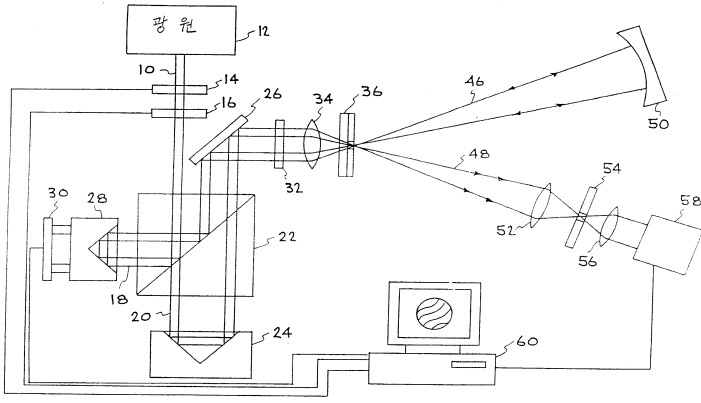
제22항에 있어서, 상기 수직 편광빔과 상기 수평 편광빔간의 위상 시프트를 유도하기 위한 수단은, 상기 제1재귀반사기와 상기 제2재귀반사기를 구성하는 그룹에서 선택된 PZT 반사기에 장착된 압전 트랜슬레이터(PZT)를 포함하며, 상기 PZT는 이 PZT에 전압이 인가될 때 상기 PZT 반사기를 트랜슬레이트 하며, 이에 따라 상기 수직 편광빔과 상기 수평 편광빔간의 상대 위상을 시프트시키는 것을 특징으로 하는 이상 회절 간섭계.

#### 청구항 24

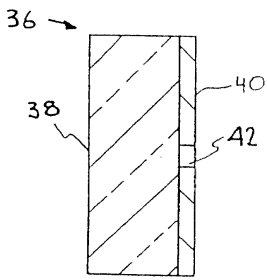
두 개의 직교편광된 성분의 광을 발생하기 위한 수단; 상기 두 개의 직교편광된 성분의 광중 하나의 편광 성분에 대한 위상 시프트를 유도하기 위한 수단; 상기 두 개의 직교편광된 성분의 광으로부터 구형 파동을 발생하기 위한 수단으로, 상기 구형 파동은 기준 빔과 측정 빔을 포함하는, 수단; 및 간섭 패턴을 발생하기 위해 상기 측정 빔과 상기 기준 빔을 조합하기 위한 수단을 포함하는 것을 특징으로 하는 이상 회절 간섭계.

**도면**

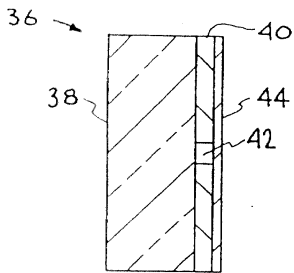
도면1



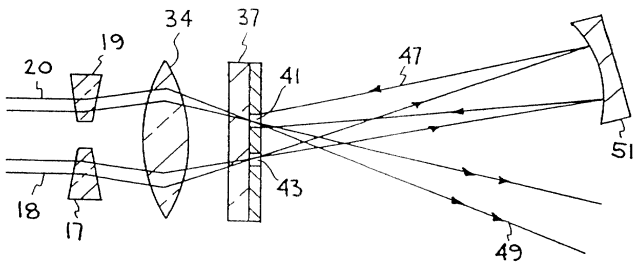
도면2a



도면2b

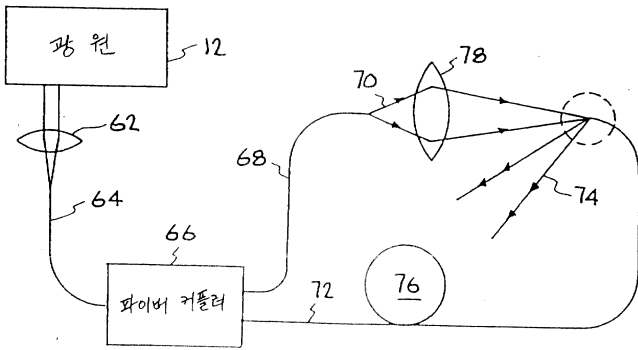


도면3

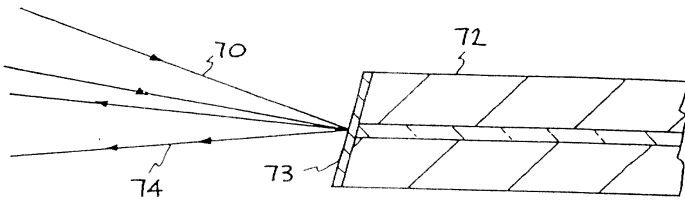




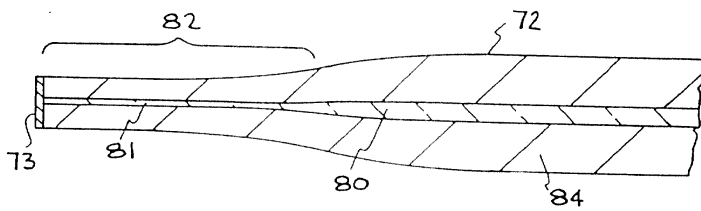
도면4



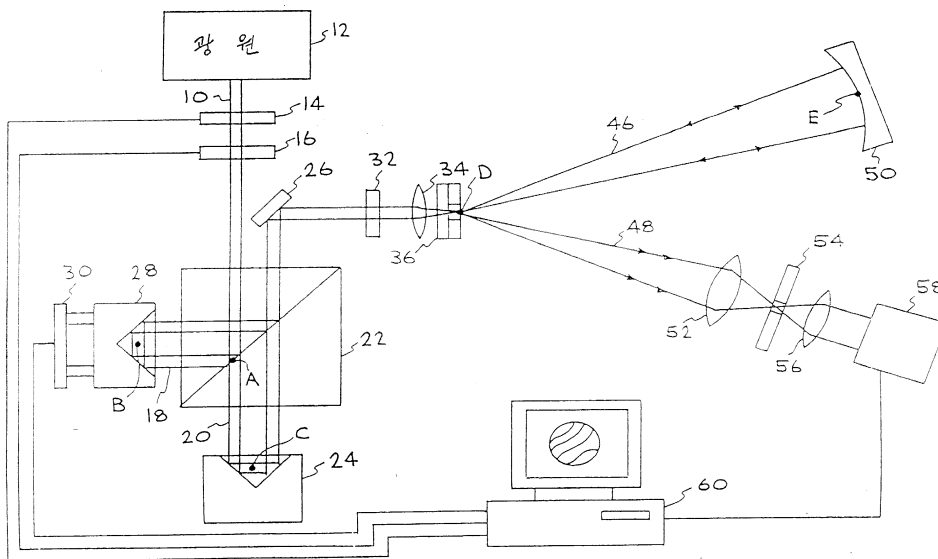
도면5



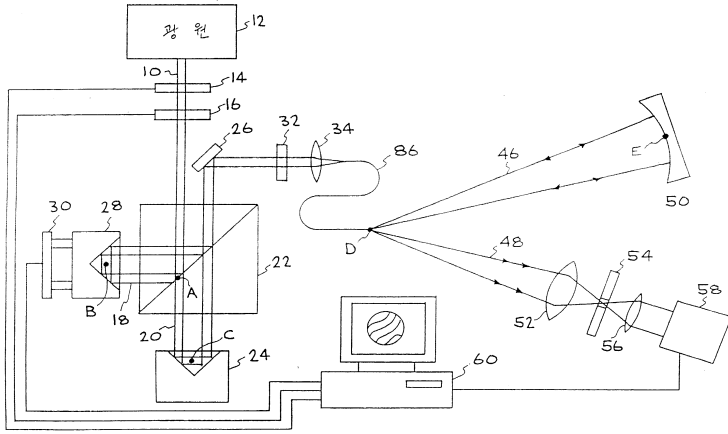
도면6



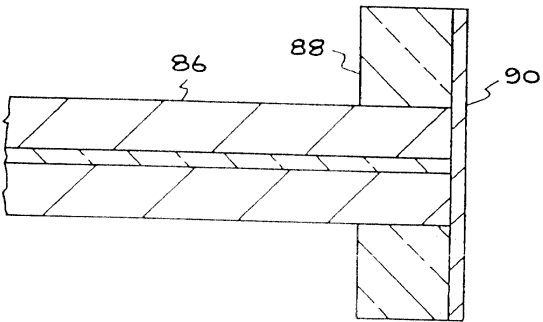
도면7



도면8



도면9



도면10

