



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2007년11월02일
(11) 등록번호 10-0772557
(24) 등록일자 2007년10월26일

(51) Int. Cl.

G01J 9/02 (2006.01) G02B 6/00 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2006-0053720

(22) 출원일자 2006년06월15일

심사청구일자 2006년06월15일

(56) 선행기술조사문헌

JP2005010423 A

(뒷면에 계속)

(73) 특허권자

경북대학교 산학협력단

대구광역시 북구 산격동 1370 경북대학교내

(72) 발명자

송재원

대구 동구 평광동 607

김현덕

대구 달성군 유가면 유곡1리 272번지

이중훈

대구 남구 대명10동 1630-19번지

(74) 대리인

이건철, 정영수

전체 청구항 수 : 총 23 항

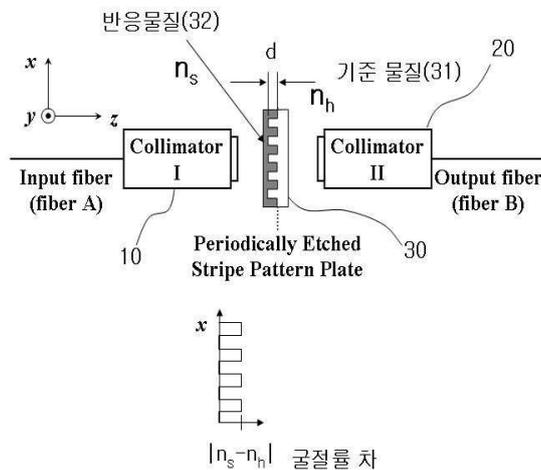
심사관 : 우귀애

(54) 마이크로 옵틱 마하젠더 간섭계 기반의 계측 장치

(57) 요약

본 발명은 마이크로 옵틱 마하젠더 간섭계 기반의 계측 장치를 제공하기 위한 것으로, 광섬유로부터 입사하는 빔을 확장 및 시준화 하여 출력하는 제 1 콜리메이터; 확장된 빔을 입력 받아 집속하여 광섬유로 출사하는 제 2 콜리메이터; 및 상기 제1 및 제2콜리메이터 사이에 위치하여 상기 빔의 일부에 일정한 위상차를 유도하기 위해 주기적으로 반복되는 굴절률 분포를 가지는 평판;을 포함하며, 상기 평판은, 주기적인 굴절률 분포를 가지도록 계단 모양의 반복적 형태로 구비된 기준 물질과, 상기 기준 물질의 일 측면에 형성된 계단 모양의 반복적 형태에 결합되고 검출 대상에 대한 광학적 특성 변화를 유도하는 반응 물질을 포함하여 구성된 것을 특징으로 한다.

대표도 - 도3



(56) 선행기술조사문헌
KR1019990085753 A
KR1020000023464 A
US6421472 B1
KR1020010060738 A

특허청구의 범위

청구항 1

삭제

청구항 2

마이크로 옵틱 마하젠더 간섭계 기반의 계측 장치에 있어서,

광섬유로부터 입사하는 빔을 확장 및 시준화 하여 출력하는 제 1 콜리메이터;

확장된 빔을 입력 받아 집속하여 광섬유로 출사하는 제 2 콜리메이터; 및

상기 제1 및 제2콜리메이터 사이에 위치하여 상기 빔의 일부에 일정한 위상차를 유도하기 위해 주기적으로 반복되는 굴절률 분포를 가지는 평판;

을 포함하며,

상기 평판은,

주기적인 굴절률 분포를 가지도록 계단 모양의 반복적 형태로 구비된 기준 물질과, 상기 기준 물질의 일 측면에 형성된 계단 모양의 반복적 형태에 결합되고 검출 대상에 대한 광학적 특성 변화를 유도하는 반응 물질을 포함하여 구성된 것을 특징으로 하는 마이크로 옵틱 마하젠더 간섭계 기반의 계측 장치.

청구항 3

제 2 항에 있어서, 상기 마이크로 옵틱 마하젠더 간섭계 기반의 계측 장치는, 상기 기준 물질의 굴절률, 상기 반응 물질의 굴절률, 그리고 상기 기준 물질의 식각 깊이에 따라 원하는 상기 평판의 전달 특성을 구현할 수 있는 것을 특징으로 하는 마이크로 옵틱 마하젠더 간섭계 기반의 계측 장치.

청구항 4

제 2 항에 있어서, 상기 반응 물질은 외부 섭동에 의해 굴절률 변화를 일으키는 물질로 구성된 것을 특징으로 하는 마이크로 옵틱 마하젠더 간섭계 기반의 계측 장치.

청구항 5

제 2 항에 있어서, 상기 평판은,

그 일 측면에 상기 제1 및 제 2 콜리메이터 사이를 지나는 빔 경로상에 일정한 위상차를 유도하기 위해 굴절률 혹은 광경로차의 분포를 반복적으로 변화시키는 패턴을 구비한 평판인 것을 특징으로 하는 마이크로 옵틱 마하젠더 간섭계 기반의 계측 장치.

청구항 6

제 4 항에 있어서, 상기 패턴은 둘 이상의 굴절률이 주기적으로 반복되는 스트라이프 패턴이거나 또는 교호적으로 굴절률 변화를 가지는 다각형 패턴인 것을 특징으로 하는 마이크로 옵틱 마하젠더 간섭계 기반의 계측 장치.

청구항 7

제 2 항 내지 제 6 항 중 어느 항에 한하여, 상기 마이크로 옵틱 마하젠더 간섭계 기반의 계측 장치는, 상기 기준 물질과 상기 반응 물질을 구비한 상기 평판을 두 개의 상보적인 구조로 형성하는 것을 특징으로 하는 마이크로 옵틱 마하젠더 간섭계 기반의 계측 장치.

청구항 8

제 2 항 내지 제 6 항 중 어느 항에 한하여, 상기 마이크로 옵틱 마하젠더 간섭계 기반의 계측 장치는, 상기 기준 물질의 식각된 부분과 식각되지 않은 부분의 비율을 조절하여 상기 기준 물질의 굴절률과 상기 반응 물질의 굴절률에 의한 소멸비를 조절하도록 구성된 것을 특징으로 하는 마이크로 옵틱 마하젠더 간섭계 기반의 계측 장치.

청구항 9

제 2 항에 있어서, 상기 마이크로 옵틱 마하젠더 간섭계 기반의 계측 장치는, 상기 제 1 콜리메이터와 상기 제 2 콜리메이터 사이에 상기 평판을 기울어진 방향으로 형성하여 광학적 위상 지연을 일으키는 경로차가 발생되도록 한 것을 특징으로 하는 마이크로 옵틱 마하젠더 간섭계 기반의 계측 장치.

청구항 10

제 2 항 내지 제 6 항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 반응 물질은, 온도에 따라 굴절률 특성이 달라지는 물질인 것을 특징으로 하는 마이크로 옵틱 마하젠더 간섭계 기반의 계측 장치.

청구항 11

제 2 항 내지 제 6 항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 반응 물질은, 특정 파장대의 외부 광입력에 따라 굴절률 특성이 달라지는 물질인 것을 특징으로 하는 마이크로 옵틱 마하젠더 간섭계 기반의 계측 장치.

청구항 12

제 2 항 내지 제 6 항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 반응 물질은, 외부 가스의 유무에 따라 굴절률 특성이 달라지는 물질인 것을 특징으로 하는 마이크로 옵틱 마하젠더 간섭계 기반의 계측 장치.

청구항 13

제 2 항 내지 제 6 항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 반응 물질은, 특정 화학 성분의 유무에 따라 굴절률 특성이 달라지는 물질인 것을 특징으로 하는 마이크로 옵틱 마하젠더 간섭계 기반의 계측 장치.

청구항 14

제 2 항 내지 제 6 항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 반응 물질은, 외부 습도 변화에 따라 굴절률 특성이 달라지는 물질인 것을 특징으로 하는 마이크로 옵틱 마하젠더 간섭계 기반의 계측 장치.

청구항 15

제 2 항 내지 제 6 항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 반응 물질은, 외부 압력에 따라 굴절률 특성이 달라지는 물질인 것을 특징으로 하는 마이크로 옵틱 마하젠더 간섭계 기반의 계측 장치.

청구항 16

제 2 항 내지 제 6 항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 마이크로 옵틱 마하젠더 간섭계 기반의 계측 장치는, 상기 평판을 이용하여 공기와 다른 매질 자체에 의한 전달 특성 변화를 측정하여 매질 자체의 특성을 측정 내지 검출하는데 사용되는 것을 특징으로 하는 마이크로 옵틱 마하젠더 간섭계 기반의 계측 장치.

청구항 17

제 2 항 내지 제 6 항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 마이크로 옵틱 마하젠더 간섭계 기반의 계측 장치는, 상기 평판을 이용하여 반응 물질이 공기 혹은 특정 기준 물질 일때와 다른 매질 일 때와의 전달 특성 변화를 측정하여 특정 가스 또는 액체의 특성을 측정하는 데 사용되는 것을 특징으로 하는 마이크로 옵틱 마하젠더 간섭계 기반의 계측 장치.

청구항 18

제 2 항 내지 제 6 항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 마이크로 옵틱 마하젠더 간섭계 기반의 계측 장치는, 상기 평판을 이용하여 공기와 다른 매질 자체에 의한 전달 특성 변화를 측정하여 특정 매질의 굴절률을 측정하는 데 사용되는 것을 특징으로 하는 마이크로 옵틱 마하젠더 간섭계 기반의 계측 장치.

청구항 19

제 2 항 내지 제 6 항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 마이크로 옵틱 마하젠더 간섭계 기반의 계측 장치는, 상기 평판을 이용하여 특정 액체에서의 내부 구성 조성비의 변화에 따른 굴절률 특성 변화를 측정하여 염분 측정 또는 농도 측정 또는 특정 물질의 조성비에 따른 굴절률 변화 측정에 사용되는 것을 특징으로 하는 마이크로 옵틱 마하젠더 간섭계 기반의 계측 장치.

청구항 20

제 2 항 내지 제 6 항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 마이크로 옵틱 마하젠더 간섭계 기반의 계측 장치는, 상기 평판을 이용하여 특정 고정된 전달 특성을 구현하고 이를 이용하여 광원의 파장 변화를 측정 검출하는데 사용되는 것을 특징으로 하는 마이크로 옵틱 마하젠더 간섭계 기반의 계측 장치.

청구항 21

제 2 항 내지 제 6 항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 평판을 이용하여 특정 고정된 전달 특성을 구현하고 이를 이용하여 과장분할다중진송시스템의 채널 신호 특성변화를 검출하는데 사용하는 것을 특징으로 하는 마이크로 옵틱 마하젠더 간섭계 기반의 계측 장치.

청구항 22

제 2 항 내지 제 6 항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 마이크로 옵틱 마하젠더 간섭계 기반의 계측 장치는, 상기 평판을 이용하여 특정 위치에 대한 특성을 측정하는데 사용되는 것을 특징으로 하는 마이크로 옵틱 마하젠더 간섭계 기반의 계측 장치.

청구항 23

제 2 항 내지 제 6 항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 마이크로 옵틱 마하젠더 간섭계 기반의 계측 장치는, 상기 평판을 이용하여 특정 진동에 대한 특성을 측정하는데 사용되는 것을 특징으로 하는 마이크로 옵틱 마하젠더 간섭계 기반의 계측 장치.

청구항 24

제 2 항 내지 제 6 항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 마이크로 옵틱 마하젠더 간섭계 기반의 계측 장치는, 상기 평판을 이용하여 특정 가속도에 대한 특성을 측정하는데 사용되는 것을 특징으로 하는 마이크로 옵틱 마하젠더 간섭계 기반의 계측 장치.

명세서

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

<12> 본 발명은 마이크로 옵틱 마하젠더 간섭계(micro-optic Mach-Zehnder interferometer) 기반의 계측 장치에 관한 것이다.

<13> 광 계측 기술은 특정 대상 물체나 물리량이 광과의 상호작용에서 나타나는 현상들을 광의 위상, 세기, 분극, 파장 등 다양한 광 특성들의 변화를 검출함으로써 이루어 지는데, 많은 계측 원리에 기초를 두고 있다. 이러한

광 계측 기술들은 광 고유의 많은 장점들(열악한 환경에서도 가능, 원거리 센싱, 인체에 무해, 비접촉 등등)로 인해 다양한 응용 분야에 적용되고 있다. 검출할 물리량은 온도, 습도, 압력 등의 기본 물리량 뿐만 아니라, 바 이오, 물질의 농도 (이산화탄소, 특정 화학 물질의 농도), 의학 관련 혈류 등 매우 폭넓은 응용을 가진다.

- <14> 이러한 계측 분야에서는 광 특성의 변화가 물체나 물리량의 직접적으로 관계된 것인지, 혹은 중간 검출 매질의 특성 변화에 의한 것인지에 따라 광 측정 기술과 광 센서(감지, 검출) 기술로 나누어 진다.
- <15> 광 측정 및 광 센서 분야의 광 계측 기술 중 간섭계를 이용한 방식은 손실이나 굴절 등의 다른 계측원리를 이용하는 방식에 비해 높은 감도 및 분해능, 외부 잡음에 덜 민감한 특성 등 많은 장점이 있다. 대표적인 광학 간섭계는 마하젠더(Mach-Zehnder) 간섭계, 사그낙(Sagnac) 간섭계, 마이켈슨(Michelson) 간섭계, 그리고 페브리-페롯(Fabry-Perot) 간섭계 등이 있다. 이러한 간섭계를 이용하면 외부의 섭동(Perturbation)에 대해 입출력 되는 신호의 특성 변화를 효과적으로 검출할 수 있게 된다.
- <16> 마하젠더 간섭계는 가장 널리 사용되는 간섭계 구조로 선형적인 위상특성과 넓은 대역특성, 그리고 높은 소멸비에서도 과장응답이 선형적인 전달특성을 가지고 있다. 마하젠더 간섭계는 여러 가지 방식으로 구현되는데, 반도체 공정을 응용한 집적광학형, 광섬유의 융착 접속 방식에 기반한 광 섬유형, 광섬유형 콜리메이터(Collimator)를 기반으로 한 마이크로 옵틱형 등이 있다.
- <17> 광섬유형 마하젠더 간섭계는 융착 광섬유 기술을 이용한 두 개의 광파워 분할기(optical power splitter)를 융착 접속하여 마하-젠더(mach-zehnder) 간섭계를 구현한 것으로 손실이 적고 우수한 광 특성을 제공한다. 그러나 이러한 종래의 광섬유형 마하젠더 간섭계는 원하는 전달 특성을 얻기 위해 정밀한 경로차가 요구되며, 제작 후 안정화를 위해 별도의 제어 장치를 필요로 하는 문제점이 있었다.
- <18> 또한 집적광학형은 평면광회로(planar lightwave circuit) 제작 기술을 통해 대량 생산이 가능하지만, 높은 삽입 손실과 편광 의존성으로 인해 상대적으로 광특성이 떨어진다.
- <19> 마이크로 옵틱 광 간섭계의 대표적인 예는 U.S. Pat. No. 5,841,583과 U.S. Pat. No. 5,930,441 에 세부적으로 잘 나타나 있다. 이러한 마이크로 옵틱형 간섭계 구조는 삽입손실과 편광 의존성이 낮아 광특성이 우수하며, 소형화가 가능하다.
- <20> 도 1은 종래 마하젠더 간섭계의 구조도이다.
- <21> 광섬유를 통해 입력된 광 신호가 첫 번째 콜리메이터(collimator)를 통해 확장, 시준화 되어 진행(도 1에서 fiber A)하고, 두 번째 콜리메이터(collimator)를 통해 확장된 빔이 집속하여 광섬유로 전송(도 1에서 fiber B)하는 역할을 수행한다.
- <22> 또한 두 콜리메이터(collimator) 사이에 삽입된 평판(plate)은 x축 방향 삽입 깊이에 따라 평판을 통과한 빔과 그렇지 않은 빔 사이에 위상차를 초래하여 두 번째 콜리메이터(collimator)에서 두 빔이 집속되는 과정에서 마하-젠더 간섭계가 형성되도록 한다. 이 구조에서는 평판(plate)의 삽입 위치에 따라 특성이 바뀌게 되므로 정밀한 위치 조정이 요구 된다. 이러한 방식은 기존의 다층 박막형 간섭계 구조를 정렬하는 기존 마이크로 옵틱 소자의 정렬에 비해 상대적으로 많은 시간이 걸리고 정렬시 스펙트럼 특성 측정 장비와 별도의 정렬 기구물 등이 필요하게 된다. 즉, 제작 방식과 구조는 간단한데, 실제적인 상용화에는 별도의 측방향 정렬 문제가 있기 때문에 상용화 및 대량 생산시 문제가 된다.
- <23> 좀 더 상술하면 원하는 특성을 얻기 위해 콜리메이터를 최소 손실이 되게 정렬한 다음 평판을 광 경로의 수직 방향으로 삽입하여 측방향 정렬을 수행하고 이를 고정하게 되는데, 접착제 고정 방식(epoxy bonding)이나 납땜(soldering)을 수행하게 되는데 이로 인해 뒤틀림이나 특성 열화가 발생하게 된다. 또 각각의 개별 소자의 정렬시 광원과 과장응답 계측 장치인 스펙트럼 분석기 같은 고가의 장비를 이용하여 매번 특성을 측정하면서 정렬을 수행하여야 하므로 양산이 어렵게 된다. 이는 상용 제품화에서 요구되는 재현성(reproducibility), 안정성(stability), 생산 제품의 특성의 균일성(uniformity) 등의 요구조건을 만족하는데 많은 부가적인 비용과 노력이 들게 되어 현실적인 제품화 양산 체제의 구축이 거의 불가능한 실정이다.
- <24> 다른 마이크로 옵틱형 간섭계 구조인 페브리 페롯 간섭계 구조와 비교해보면 대역폭, 소멸비와 대역폭 사이의 독립성, 낮은 분산 특성 등 우수한 특성을 가지며, 저가격화가 가능하지만, 현실적인 시장제품화에는 어려움이 있었다.
- <25> 그래서 새로운 마이크로 옵틱 마하젠더에 대한 특허 출원인 <"마이크로 옵틱 간섭계형 필터", 대한민국 특허청 출원번호 10-2006-0017506, 경북대학교 산학 협력단>에서 동일한 구현원리를 기반으로 새로운 형태의 구조를 제

안한 바 있다.

- <26> 도 2는 특허 출원인 <"마이크로 옵틱 간섭계형 필터", 대한민국 특허청 출원번호 10-2006-0017508, 경북대학교 산학 협력단>의 마이크로 옵틱 간섭계형 필터의 일 실시예에 대한 구조도이다. 도 2에서 제안된 구조는 빔의 진행 방향으로 일정한 위상 경로차를 유도하는 주기적인 굴절률 분포를 가지는 평판을 삽입하여 위치에 무관하게 식각된 부분을 통과하는 빔과 그렇지 않은 빔의 비를 일정하게 함으로써, 일정한 소멸비의 전달 특성을 측방향 정렬과 무관하게 얻을 수 있게 한다.
- <27> 상술한다면, 만약 스트립(stripe)의 폭이 빔 크기에 비해 매우 작고 식각된 부분의 폭과 그렇지 않은 부분의 폭 사이의 비인 듀티(duty)가 50:50 이라면 평판의 수직 방향 위치에 상관없이 거의 항상 최대의 소멸비를 가지게 된다.
- <28> 그러나 도 2에서와 같은 <"마이크로 옵틱 간섭계형 필터", 대한민국 특허청 출원번호 10-2006-0017508, 경북대학교 산학 협력단>의 기술은 상용 가능한 필터의 구현 방식의 제안에 그치는 한계가 있었다. 또한 <"마이크로 옵틱 간섭계형 필터", 대한민국 특허청 출원번호 10-2006-0017508, 경북대학교 산학 협력단>의 종래기술은 필터를 중심으로 기술 되어 있으며, 구체적인 실시 예와 응용에 대한 부분이 부족하다. 그래서 본 발명에서는 이에 대한 기술과 응용 분야 및 효과에 대해 세부적인 실시 예들을 기술하고 확장 하려고 한 것이다.
- <29> 본 발명에서는 마이크로 옵틱 마하젠더 간섭계 기반의 측정 및 검출 구조를 제안하고 상술하고자 한다. 제안된 구조는 기존의 광특성이 떨어지는 기존의 방식을 저가로 우수한 성능을 가지도록 손쉽게 구현할 수 있어 새로운 광학 계측 시스템에 적용할 수 있는 현실적인 상용화 가능한 방식이다. 또 단순한 구현 방식의 제안에 그치는 것이 아니라 여러 응용구조에 폭넓게 적용할 수 있도록 설계적인 측면과 구조적인 측면의 요소들을 고려하여 여러 가지 향상된 특성을 제공한다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

- <30> 이에, 본 발명의 목적은 종래의 기술을 이용한 측정 및 검출 등의 기존의 계측분야에서 발생하는 문제점들을 해결하고 성능을 크게 향상 시킨 새로운 마이크로 옵틱 마하젠더 간섭계 구조 기반의 계측 장치를 제안하는데 있다. 제안된 마이크로옵틱 마하젠더 간섭계 기반의 계측 장치 구조는 공간상에 반복적으로 변화하는 패턴을 구비한 평판을 삽입함으로써 정렬에 무관하면서도 원하는 소멸비 특성을 조정할 수 있게 하는 간섭계를 구현하여 응용함을 목적으로 한다.
- <31> 또한, 본 발명은 상기의 평판의 구조 요소를 조정함으로써 전달특성의 주기, 대역폭, 동작파장에 대한 설계 및 적용이 자유롭고 원하는 측정 감도 혹은 검출 감도를 이용할 수 있게 하는 간섭계를 구현하여 응용함을 목적으로 한다.
- <32> 나아가, 본 발명은 상기의 평판 구조를 이용하여 기존의 마하젠더 간섭계의 동작영역의 제한점인 단일 모드 차단 파장이상에서의 높은 소멸비 동작 조건을 표준 광섬유 전 영역에서 구현할 수 있으므로 광섬유 전송가능 대역 전체에서 높은 소멸비 전달 특성을 가지는 간섭계를 구현하여 응용함을 그 목적으로 한다.

발명의 구성 및 작용

- <33> 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명에 의한 마이크로 옵틱 마하젠더 간섭계 기반의 계측 장치는, 광섬유로부터 입사하는 빔을 확장 및 시준화 하여 출력하는 제 1 콜리메이터; 확장된 빔을 입력 받아 집속하여 광섬유로 출사하는 제 2 콜리메이터; 및 상기 제1 및 제2콜리메이터 사이에 위치하여 상기 빔의 일부에 일정한 위상차를 유도하기 위해 주기적으로 반복되는 굴절률 분포를 가지는 평판;을 포함하며, 상기 평판은, 주기적인 굴절률 분포를 가지도록 계단 모양의 반복적 형태로 구비된 기준 물질과, 상기 기준 물질의 일 측면에 형성된 계단 모양의 반복적 형태에 결합되고 검출 대상에 대한 광학적 특성 변화를 유도하는 반응 물질을 포함하도록 구성된다.
- <34> 삭제
- <35> 보다 바람직하게는, 상기 마이크로 옵틱 마하젠더 간섭계 기반의 계측 장치는, 상기 기준 물질의 굴절률, 상기 반응 물질의 굴절률, 그리고 상기 기준 물질의 식각 깊이에 따라 원하는 상기 평판의 전달 특성을 구현할 수 있다.
- <36> 가장 바람직하게는, 상기 반응 물질은 외부 섭동에 의해 굴절률 변화를 일으키는 물질로 구성될 수 있다.

- <37> 본 발명의 실시예에 의하면, 상기 평판은, 그 일 측면에 상기 제1 및 제 2 콜리메이터 사이를 지나는 빔 경로상에 일정한 위상차를 유도하기 위해 굴절률 혹은 광경로차의 분포를 반복적으로 변화시키는 패턴을 구비한 평판이다.
- <38> 바람직하게는, 상기 패턴은 둘 이상의 굴절률이 주기적으로 반복되는 스트라이프 패턴이거나 또는 교호적으로 굴절률 변화를 가지는 다각형 패턴이다.
- <39> 본 발명의 다른 실시예에 따른 마이크로 옵틱 마하젠더 간섭계 기반의 계측 장치는, 상기 기준 물질과 상기 반응 물질을 구비한 상기 평판을 두 개의 상보적인 구조로 형성할 수 있다.
- <40> 바람직하게는 상기 마이크로 옵틱 마하젠더 간섭계 기반의 계측 장치는, 상기 기준 물질의 식각된 부분과 식각되지 않은 부분의 비율을 조절하여 상기 기준 물질의 굴절률과 상기 반응 물질의 굴절률에 의한 소멸비를 조절하도록 구성될 수 있다.
- <41> 보다 바람직하게는, 상기 마이크로 옵틱 마하젠더 간섭계 기반의 계측 장치는, 상기 제 1 콜리메이터와 상기 제 2 콜리메이터 사이에 상기 평판을 기울어진 방향으로 형성하여 광학적 위상 지연을 일으키는 경로차가 발생되도록 구성할 수 있다.
- <42> 본 발명의 실시예에 의하면, 상기 반응 물질은, 온도에 따라 굴절률 특성이 달라지는 물질이다.
- <43> 본 발명의 다른 실시예에 의하면, 상기 반응 물질은, 특정 파장대의 외부 광입력에 따라 굴절률 특성이 달라지는 물질이다.
- <44> 본 발명의 또 다른 실시예에 의하면, 상기 반응 물질은, 외부 가스의 유무에 따라 굴절률 특성이 달라지는 물질이다.
- <45> 본 발명의 또 다른 실시예에 의하면, 상기 반응 물질은, 특정 화학 성분의 유무에 따라 굴절률 특성이 달라지는 물질이다.
- <46> 본 발명의 또 다른 실시예에 의하면, 상기 반응 물질은, 외부 습도 변화에 따라 굴절률 특성이 달라지는 물질이다.
- <47> 본 발명의 또 다른 실시예에 의하면, 상기 반응 물질은, 외부 압력에 따라 굴절률 특성이 달라지는 물질이다.
- <48> 본 발명의 실시예에 따른 마이크로 옵틱 마하젠더 간섭계 기반의 계측 장치는, 상기 평판을 이용하여 공기와 다른 매질 자체에 의한 전달 특성 변화를 측정하여 매질 자체의 특성을 측정 내지 검출하는데 사용될 수 있다.
- <49> 본 발명의 다른 실시예에 따른 마이크로 옵틱 마하젠더 간섭계 기반의 계측 장치는, 상기 평판을 이용하여 반응 물질이 공기 혹은 특정 기준 물질 일때와 다른 매질 일 때와의 전달 특성 변화를 측정하여 특정 가스 또는 액체의 특성을 측정하는 데 사용될 수 있다.
- <50> 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 마이크로 옵틱 마하젠더 간섭계 기반의 계측 장치는, 상기 평판을 이용하여 공기와 다른 매질 자체에 의한 전달 특성 변화를 측정하여 특정 매질의 굴절률을 측정하는 데 사용될 수 있다.
- <51> 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 마이크로 옵틱 마하젠더 간섭계 기반의 계측 장치는, 상기 평판을 이용하여 특정 액체에서의 내부 구성 조성비의 변화에 따른 굴절률 특성 변화를 측정하여 염분 측정 또는 농도 측정 또는 특정 물질의 조성비에 따른 굴절률 변화 측정에 사용될 수 있다.
- <52> 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 마이크로 옵틱 마하젠더 간섭계 기반의 계측 장치는, 상기 평판을 이용하여 특정 고정된 전달 특성을 구현하고 이를 이용하여 광원의 파장 변화를 측정 내지 검출하는데 사용될 수 있다.
- <53> 바람직하게는, 상기 평판을 이용하여 특정 고정된 전달 특성을 구현하고 이를 이용하여 파장분할다중전송시스템의 채널 신호 특성변화를 검출하는데 사용할 수 있다.
- <54> 본 발명의 실시예에 따른 마이크로 옵틱 마하젠더 간섭계 기반의 계측 장치는, 상기 평판을 이용하여 특정 위치에 대한 특성을 측정하는데 사용될 수 있다.
- <55> 본 발명의 다른 실시예에 따른 마이크로 옵틱 마하젠더 간섭계 기반의 계측 장치는, 상기 평판을 이용하여 특정 진동에 대한 특성을 측정하는데 사용될 수 있다.
- <56> 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 마이크로 옵틱 마하젠더 간섭계 기반의 계측 장치는, 상기 평판을 이용하여

특정 가속도에 대한 특성을 측정하는데 사용될 수 있다.

- <57> 이와 같이 구성된 본 발명에 의한 마이크로 옵틱 마하젠더 간섭계 기반의 계측 장치의 동작을 첨부한 도면에 의거 상세히 설명하면 다음과 같다.
- <58> 도 3은 본 발명의 마이크로 옵틱 마하젠더 간섭계 기반의 계측 장치의 구조도이다. 도 3은 두 개의 콜리메이터(10)(20)와 주기적으로 반복되는 굴절률 분포를 가지는 평판(30)으로 구성된 마하젠더 간섭계 구조이다. 주기적으로 식각된 굴절률 분포를 가지는 평판의 대표적인 구현 형태는 어떤 기준 물질(31)을 식각하여 계단모양의 반복적인 구조물을 만들고, 특정 물리량에 반응하는 반응 물질(32)을 채워 넣어 구현할 수 있다.
- <59> 이때 반응 물질(32)을 구성하는 특정 물리량이라고 하면, 온도에 반응하는 물질, 빛에 반응하는 물질, 특정 물질의 흡수로 인해 굴절률이 변화되는 흡수체 등 검출 대상에 대한 광학적 특성 변화를 유도하는 물리량이다.
- <60> 이와 같이 구성된 구조에서 기준 식각된 기준 기판 물질(31)의 굴절률을 n_h 라 하고, 반응 물질(sensing material)(32)에 대한 굴절률을 n_s 라 하며, 기준 물질(31)의 식각 깊이를 d 라 하며, 파장을 λ 라 하고 한다면, 전달 특성 T 는 다음의 수학적 식 1과 같이 표현할 수 있다.

수학적 식 1

$$T = 1 - e \cdot \sin^2 \left[\frac{\pi |n_s - n_h| d}{\lambda} \right]$$

- <61>
- <62> 그래서 기준 물질(31)과 반응 물질(32)의 두 구성 매질의 굴절률 차 그리고 식각 깊이에 따라 파장에 주기적으로 반복되는 전달 특성을 가지게 된다. 여기서 n_s 는 주어진 물리량의 변화에 따라 광학적 특성이 바뀌는 매질로서, 측정 대상의 물리량 변화에 따라 굴절률이 바뀌게 된다.
- <63> 이에 따라 광섬유를 통해 입력된 광 신호가 제 1 콜리메이터(10)를 통해 확장, 시준화 되어 진행하고, 제 2 콜리메이터(20)를 통해 확장된 빔이 집속하여 광섬유로 전송되게 된다.
- <64> 그리고 제 1 콜리메이터(10)와 제 2 콜리메이터(20) 사이에 삽입된 평판(30)은 기준 물질(31)과 반응 물질(32)의 측정 대상의 물리량 변화에 따른 굴절률 변화로 수학적 식 1에서와 같은 굴절률로 전달 특성을 가져, 제 1 콜리메이터(10)를 통해 입력받은 광 신호를 전달 특성에 따른 변화시킨 다음 제 2 콜리메이터(20)로 전송하게 된다. 이 경우, 두 콜리메이터 사이에 삽입된 평판 구조에 의해 유도된 위상차가 2π 의 정수배이면 특성의 변화 없이 제 2콜리메이터로 집속되어 전달되지만, π 의 홀의 정수배이면 광섬유로부터 진행해온 기본모드의 광이 고차모드로 변환되게 되고 집속된 빔이 광섬유와 결합하지 못하고 발산하게 된다.
- <65> 상기의 물리량의 변화에 따른 반응성 물질을 사용하는 것은 상기의 예 이외에도 다른 다양한 물리량에 대한 검출도 가능하다.
- <66> 본 발명에서 제안한 방식은 기준 물질(31)의 굴절률(n_h), 반응 물질(32)의 굴절률(n_s), 그리고 기준 기판의 식각 깊이(d)에 따라 원하는 전달 특성을 구현할 수 있다. 센서 시스템이 특정 파장의 광원 혹은 특정 파장대의 광원을 사용하여 변화량을 검출할 때 사용 가능한 파장의 선택이 매우 용이하다.
- <67> 위의 세 가지 특성 파라미터를 조정하여 원하는 주기와 파장위치를 설계할 수 있다. 또한 앞서 말한 바와 같이, 광섬유 전체 대역에서 위의 마하젠더 간섭현상을 구현할 수 있으므로 원하는 측정 파장을 이용하여 특성을 검출할 수 있다.
- <68> 따라서 본 발명에서 제안된 방식은 반응 물질(32)과 평판(30)의 설계가 평면 공정을 통해 이루어지므로 간단하고 제어가 유리하다. 이는 반도체에서 지원 가능한 모든 공정들을 활용 가능하므로 광학적 평판(30) 및 반응 매질인 반응 물질(32)의 조합으로 구성된 우수한 성능의 광학적 반응체를 손쉽게 구성할 수 있다. 즉, 원하는 전달 특성을 구현하기 위한 평판의 구성과 주기 설계의 제작을 매우 정밀하게 수행할 수 있어 정확한 특성 구현이 가능하다.
- <69> 또한 본 발명에서 제안된 구조는 소멸비를 원하는 값에 따라 안정적으로 구현할 수 있다. 즉, 최대 소멸비를 구현하기 위해서는 식각된 부분과 그렇지 않은 부분의 듀티(duty)가 50:50 이지만, 그 외의 특정 소멸비에 대응하

는 주기와 듀티(duty)를 설계 할 수 있다. 이는 응용에 따라 선형적인 응답특성을 요구하는 경우나 혹은 매우 높은 소멸비로 넓은 동적 범위의 측정으로 높은 감도 특성을 요구하는 경우 등 응용에 따라 원하는 소멸비 특성을 선택적으로 사용할 수 있는 구조이다. 종래의 페브리-페롯(Fabry-Perot) 간섭계의 경우 선형성을 증가 시키면 소멸비가 감소하고 소멸비를 높이면 선형성이 감소하여 그 응용 특성이 상대적으로 나쁘다. 반면에 본 발명에서 제안한 방식은 다른 페브리-페롯 전달 특성에 비해 동일한 파워(power)의 주어진 측정 범위 내에서 향상된 선형성과 함께 상대적으로 높은 소멸비 특성으로 개선된 감도를 얻을 수 있다.

<70> 또한 본 발명에서 제안된 구조는 광학 평판(30)의 기울기를 조정함으로써 광학적 경로차를 제어 할 수 있으므로 원하는 대역 신호로의 조정이 손쉽다. 즉, 제 1 콜리메이터(10)와 제 2 콜리메이터(20) 사이에 위치하고, 기준 물질(31)과 반응 물질(32)로 이루어진 평판(30)의 기울기에 대해 도 3에서는 제 1 콜리메이터(10)와 제 2 콜리메이터(20) 방향에 대해 수직으로 평판(30)이 형성된 예를 보였으나, 평판(30)의 방향을 수직이 아닌 다른 각도로 기울어진 형태로 형성할 수 있다. 그래서 제작된 광학적 반응체(광학적 평판 및 반응 매질의 조합)의 빔 경로에 삽입된 각도를 수직이 아닌 어긋나게 입사 시키면 광학적 위상 지연을 일으키는 경로차가 변화하게 되고 전달 특성이 가변 되게 된다. 이는 또 하나의 원하는 전달 주기와 정확한 파장 응답 특성을 구현할 수 있는 방법이다.

<71> **본 발명에 의한 마이크로 옵틱 마하젠더 간섭계의 특성**

<72> 본 발명은 종래에는 고려되지 못한 설계적 측면을 도입함으로써 평면적 굴절률 분포를 조정하여 동작 파장, 통과 대역폭 등의 광학적 전달 특성을 폭넓게 조정 가능하고, 반응 물질과 기준 물질의 선택과 광학적 특성, 일 예로 굴절률 값과 두께의 차이 등을 가변함으로써 원하는 물질의 원하는 전달 특성이 자유로이 구현 가능하도록 하여 준다. 또 반응 물질의 광학적 특성, 일 예로 감도 등을 조정함으로써 원하는 동작 특성의 계측 장치를 구현할 수 있게 한다. 이는 기존의 다층 박막형 필터에서 고려하는 빔 진행 방향으로의 굴절률 분포를 조정하는 방식이 아니라 평면적인 방향으로의 굴절률 분포를 조정하는 방식으로 일 예로 이러한 설계적 측면은 독립적 혹은 기존의 다층 박막형의 빔 진행 방향으로의 굴절률 분포를 조정하는 방식과 결합하여 설계 가능한 차원이 하나 더 증가하여 원하는 특성의 조정이 가능하다.

<73> 본 발명에서 새롭게 제안된 마하젠더 간섭계의 구조를 도입함으로써 얻을 수 있는 효과를 구체적으로 상술하고자 한다. 본 발명의 마이크로 옵틱 마하젠더 간섭계(micro-optic Mach-Zehnder interferometer) 기반의 계측 장치가 가지는 일반적인 특성은 광섬유형 콜리메이터 기반의 마이크로 옵틱 광 소자들이 가지는 기본적인 특징인 낮은 광손실, 높은 안정도, 낮은 편광 의존성, 저가의 가격 등 우수한 성능을 모두 가지게 된다.

<74> 뿐만 아니라 종래의 다른 마하젠더 간섭계와 차별되는 특성을 가지게 되는데, 구체적인 특성을 요약하면 다음과 같다.

<75> 1. 정렬에 무관한 마하젠더 간섭계를 구현 할 수 있다.

<76> 본 발명은 정렬에 무관하고 특정 소멸비의 특성을 안정적으로 구현 가능하다. 마하젠더 간섭계는 입력된 두 빔을 분할하고 분할된 두 빔에 서로 다른 광학적 경로차를 유도하여 파장에 주기적인 응답 특성을 가지게 한다. 마이크로 옵틱 간섭계는 두 콜리메이터 사이에 삽입된 평판의 위치에 따라 위상차가 유도되는 빔의 비가 달라지게 되고 이는 등가적으로 Y 가지형 비대칭 마하젠더와 동일하다. 이러한 기존의 마이크로 옵틱 마하젠더 간섭계는 원하는 소멸비를 얻기 위해 이는 부가적으로 정밀한 측방향 정렬이 요구되어 상용화나 특성 안정화에 치명적인 문제를 발생 시킨다.

<77> 제안된 방식은 빔 경로에 반복적인 굴절률 분포 혹은 광 경로차를 유도하는 평판을 삽입함으로써 측방향 정렬 문제를 해결 할 수 있다. 굴절률이 높은 부분과 낮은 부분이 주기적으로 반복되는 평판을 지나는 빔은 두 영역을 지나면서 발생하는 상대적인 위상차로 인해 광섬유에 집속되면서 간섭 현상을 야기하게 되는데, 콜리메이터의 출력 빔의 크기에 비해 작은 크기의 반복적인 굴절률 분포를 가진 평판은 측방향 삽입 위치에 거의 무관하게 굴절률이 높은 부분과 낮은 부분의 비를 항상 일정하게 한다. 즉 위치에 무관하게 일정한 소멸비 특성을 얻을 수 있다. 출력빔의 소멸비는 주기적인 굴절률 분포를 가지는 평판에서 굴절률이 높은 부분을 지나는 빔과 굴절률이 낮은 부분을 지나는 빔의 에너지의 비에 의해 출력 빔의 일부가 고차 모드로 변화 하므로 이 비를 조정함으로써 원하는 소멸비를 얻을 수 있다. 기존의 광섬유 융착 접속형 마하젠더 간섭계나 집적광학형의 경우 위상차를 유도하기 위해 정밀한 에너지 분할을 수행하는데 많은 어려움이 있었다. 이에 반해 제안된 방식은 별도의 평면 공정상에서 주기적인 굴절률 분포를 가지는 평판의 주기 폭 혹은 면적을 조정함으로써 쉽게 구현할 수 있다. 즉, 기준 물질(31)의 식각된 부분과 식각되지 않은 부분의 비율을 조절하여 기준 물질(31)의 굴절률과 반응

물질(32)의 굴절률에 의한 소멸비를 조절할 수 있으며 콜리메이터에서 출력된 빔의 직경에 비해 공간적인 굴절률 및 패턴 분포 변화가 작다면 측방향 정렬에 거의 무관하게 일정한 소멸비 특성을 가진다.

- <78> 2. 원하는 소멸비 특성을 정렬에 무관하게 구현 할 수 있다.
- <79> 즉, 원하는 응답 특성을 가지는 센서를 쉽게 구현 할 수 있다. 센서 시스템에서 외부 섭동에 대한 응답은 그 응용에 따라 선형적인 응답 특성을 가지는 경우가 유리할 수 있고, 높은 소멸비 특성을 이용하여 높은 측정 감도를 가지게 하는 경우가 유리한 경우도 있다. 본 발명에서 제안된 방식은 식각된 부분과 그렇지 않은 부분의 듀티(duty) 비에 의해 소멸비가 결정되게 되므로 응용에 따라 원하는 소멸비 특성을 얻을 수 있다.
- <80> 동일한 소멸비 특성이라도 본 발명에서 제안된 방식은 종래의 대표적인 센서 구성원리인 페브리 페롯에 비해 동일한 소멸비 내에서 훨씬 높은 선형성을 가진다. 다르게 말하면, 높은 소멸비 특성에서도 페브리 페롯 간섭계에 비해 우수한 선형성을 가지게 된다. 여기서 소멸비가 높다는 것은 검출할 수 있는 측정 범위가 높다는 의미이고, 이는 좀 더 미세한 신호 변화를 검출 할 수 있음을 의미한다. 또한 선형성이 높다는 것은 응답 특성이 물리량의 변화에 대해 일차 비례하는지 높은 차수로 반응하는지 여부인데, 선형성이 높게 되면 추가적인 신호처리 없이 특성 검출에 유리하고, 시스템 구성이 간단해 진다.
- <81> 3. 매우 넓은 동작 파장에서 마하젠더 간섭계를 구현 할 수 있다.
- <82> 본 발명에서 제안된 마하젠더 간섭계 구조에서 높은 소멸비를 얻을 수 있는 동작 파장대의 범위는 콜리메이터 (10)(20)에 사용된 광섬유의 단일 모드 차단(cut-off) 조건에 의해 결정되게 된다. 광섬유 자체의 전달 특성은 700nm의 단파장 영역부터 1600nm 이상의 장파장 영역의 폭넓은 전송대역을 가지므로, 손실에 대한 부분을 보정한다면 광통신 측정분야에서 이상적인 전달 매질이라고 할 수 있다.
- <83> 그러나 종래의 마이크로 옵틱 마하젠더 간섭계의 경우 단일모드 동작조건인 제한으로 약 10um 코어 직경의 표준 단일모드 광섬유의 경우 약 1200nm 이상에서만 높은 소멸비 특성을 얻을 수 있다. 즉, 종래와 같이 빔을 반으로 분할하여 마하젠더 간섭계를 구성하여 측정하는 방식은 기본모드에서 1차 모드로의 전환만 일어나게 되고, 이는 단일모드 차단 파장 이하에서도 변환된 1차 모드가 전파 할 수 있게 되므로 높은 소멸비 특성을 가질 수 없다.
- <84> 이에 반해 본 발명에서 제안된 마이크로 옵틱 간섭계는 광섬유형 콜리메이터를 기반으로 기존의 위상차를 유도하는 평판을 반복적인 무너로 식각함으로써 1차 모드의 변환이 아닌 단일 모드 차단 파장 이하에서도 충분한 소멸비를 가질 수 있는 고차 모드로 변환하게 되고, 이는 종래의 마이크로 옵틱 마하젠더 간섭계에서의 동작 제한 범위를 극복한 것이다. 이러한 특성을 활용하게 되면, 광섬유의 전송 대역폭 내의 거의 모든 파장에서 높은 소멸비의 간섭계 구성할 수 있다.
- <85> 종래의 광섬유 내에서 마하젠더 간섭계의 구성을 활용하는 경우 그 동작 범위가 단일 모드 차단 파장 이상에서만 구현 할 수 있어 그 이외의 파장대에서는 표준 단일 모드 광섬유를 사용하지 않고 특수 파이버를 사용하는 경우가 아니면 높은 소멸비의 간섭계 구성이 불가능 하였다. 반면에 본 발명에 의하면 광원 및 측정 대역을 광섬유 전송 가능 대역 전체로의 확장이 가능하다.
- <86> 도4와 도5는 폴리머 박막의 굴절률 측정의 일 실시 예에서 상기의 매우 넓은 동작 파장에서 마하젠더 간섭계의 구현 특성을 나타내는 결과의 일부이다. 도4와 도5는 세 종류의 다른 두께의 박막에 대한 전달 특성을 측정한 것이다.
- <87> 도 4는 도 2의 기존의 마하젠더 간섭계를 구성하여 굴절률 특성을 분석하기 위해 박막의 전달 특성을 측정한 것으로 두께가 다른 세 종류의 박막에 대해 전달특성을 측정한 그래프이다. 백색광원과 광스펙트럼 분석기를 사용하여 측정한 것이며 측정 결과에서 보이는 바와 단일 모드 차단 파장 이상에서만 높은 소멸비 특성을 나타내고, 단일 모드 차단 파장 이하에서는 낮은 소멸비 특성을 나타내게 된다. 측정 그래프의 맨 위와 맨 아래의 기준신호(reference, no input)는 실험 구성의 측정 한계치를 확인하기 위한 것으로 실제 소멸비는 위에서 보이는 값보다 훨씬 높은 결과값을 가진다.
- <88> 도 5는 본 발명에 의한 도 3의 마하젠더 간섭계를 구성하고 두께가 다른 세 종류의 박막에 대해 전달특성을 측정한 그래프이다. 이러한 도 5는 본 발명에서 제안된 마이크로 옵틱 마하젠더 간섭계를 구성하고 측정 하였을 때의 전달특성을 측정한 것으로, 세 종류의 박막에 대해서 측정을 수행 하였다. 백색광원과 광스펙트럼 분석기를 사용하여 측정한 것으로 단일 모드 차단 파장 이하에서도 높은 소멸비 특성을 보이고 있다. 측정 그래프의 맨 위와 맨 아래의 reference와 no input은 측정 한계치를 확인하기 위한 것으로 실제 소멸비는 위에서 보이는 값보다 훨씬 높은 결과값을 가진다. 또한 측정은 900 nm에서 1600 nm 대역에서 수행한 것이나, 실제 위의 측정

범위 보다 넓은 범위에서도 높은 소멸비 특성을 가지는 간섭계를 구성할 수 있다.

- <89> 종래의 광섬유형 마하젠더 간섭계의 경우 그 동작이 단일 모드 동작 조건에서 구현 가능한데 반해, 본 발명에서 제안된 방식은 단일 모드 차단 파장 아래에서도 높은 소멸비의 마하젠더 간섭 현상을 이용할 수 있다.
- <90> 4. 원하는 동작 파장의 선택과 정밀한 경로차 제어가 가능하다.
- <91> 따라서 본 발명에 의하면, 광섬유형 콜리메이터와 독립적으로 제작된 평판의 조합으로 구성되는 마하젠더 간섭계 구조로 별도의 정밀한 제어가 가능한 평판 제어 기술을 이용하여 원하는 동작 파장 및 동작 조건을 결정하는데 유리하다.
- <92> 마하젠더 간섭계의 대표적인 구현 방안 중 하나인 집적광학형은 광경로차를 제어하여 원하는 광학적 위상차를 유도하는데 있어 평판 도파로에서 길이와 폭을 정밀하게 제어하여 원하는 전달 특성을 구현하게 된다. 이는 특정 동작 조건이 정해지면 이에 해당되는 도파로 구조를 설계하고 경로차를 계산하여 반도체 공정 같은 평면 공정을 이용하여 집적광학회로를 구성함으로써 이루어진다. 단일 모드 조건을 만족하기 위해 매우 작은 직경의 반도체 도파로 크기로 제작하게 되므로 손실을 줄이기 위해 모드변환기 등 다양한 부가적인 광학기능이 들어가게 된다. 또 매질에 따라서 편광 의존성이 발생 특정 편광의 성분만을 선택적으로 사용하기도 한다.
- <93> 또 다른 마하젠더 간섭계의 대표적인 구현 방안인 광섬유 융착 기술을 이용하여 마하젠더 간섭계를 구성하게 되면 광섬유 자체를 마하젠더로 이용하게 되므로 광섬유의 결합비를 정밀하게 조정하여야 하며 일정한 경로차를 유도하기 위해 정밀한 광섬유 길이를 제어하여야 한다. 또 제작 후 특성을 일정하게 유지하기 위해 별도의 안정화 회로가 요구되기도 한다.
- <94> 상기의 집적광학기술, 광섬유 융착 기술 기반의 마하젠더 간섭계에 비해 광섬유형 콜리메이터를 기반으로 한 마이크로 옵틱 마하젠더 간섭계는 평면 공정을 이용하여 별도의 정밀제어 가능한 평판을 제작하고 이를 광섬유형 콜리메이터와 결합하여 원하는 광 특성을 얻을 수 있는 하이브리드 방식이다. 기존의 다층 박막 소자와 같은 마이크로 옵틱 소자가 광통신 소자 시장에서 가장 널리 채택되는 이유 중의 하나가 우수한 성능의 소자를 저가로 높은 안정도를 가지게 제작할 수 있게 된다. 마찬가지로 제안된 방식은 광경로차나 굴절률 분포, 소멸비를 결정하는 듀티 등 매우 정밀한 제어가 가능하다.
- <95> 뿐만 아니라 주기적으로 식각된 스트립(strip) 패턴에서 식각깊이, 식각된 재질의 기판 구성, 그리고 상부 코팅에 의해 채워진 센싱 물질에 의해 전달 특성이 결정될 수 있으므로 물질의 선택과 조합으로 원하는 특성을 얻을 수 있다. 일 예로 상부 코팅 물질을 폴리머 기반으로 특정 반응 물질을 섞어서 사용하게 되면, 사용되는 폴리머에 의해 다양한 특성을 조합할 수 있다. 두께, 식각 깊이, 원하는 센싱용 물질의 선택 등으로 원하는 광경로차를 제어할 수 있으며 전체 코팅 두께가 아니라 경로차이를 발생시키는 오목한 부분과 볼록한 부분의 반복적인 차이 부분의 구성을 제어하여 원하는 동작 파장 및 주기의 전달 특성을 구현할 수 있다. 즉 앞서 설명한 부분은 광학 신호를 이용하여 원하는 동작점을 선택할 수 있다.
- <96> 본 발명은 감도의 조정 부분에서도 반응 물질의 선택을 자유로이 함으로써 매우 민감한 특성 혹은 매우 둔감한 특성 등 원하는 수준의 감도를 갖춘 검출 시스템을 구현할 수 있다. 즉 동작점 선택과 독립적으로 반응 물질의 반응도 자체를 원하는 수준으로 조정할 수 있다. 일 실시예로 자외선 혹은 적외선 센서의 구성에서 광민감성 색소를 이용하여 자외선 혹은 적외선에 대한 특성을 측정하는데 기존 폴리머에 색소를 섞어서 사용하는 방식이 널리 알려져 있다. 즉 색소의 특성을 이용하기 위해 기존 물질과 일정한 비율로 섞게 되는데, 섞는 비율에 따라 검출할 수 있는 자외선 혹은 적외선 등의 광 세기 범위가 결정된다. 매우 높은 농도는 낮은 빛에서도 쉽게 동작 특성이 포화되고, 너무 낮은 농도는 약한 빛을 측정할 수 없다. 이에 측정 대상체의 범위에 따라 원하는 특성의 감도를 조정하게 된다. 마하젠더 간섭계 구조는 이러한 문제를 손쉽게 해결할 수 있으며 다른 경우에 비해 매우 자유롭게 원하는 검출 시스템을 설계 구현할 수 있다.
- <97> 또한 본 발명에서 제안된 구조는 광학 평판(30)의 기울기를 조정함으로써 광학적 경로차를 제어할 수 있으므로 원하는 대역 신호로의 조정이 손쉽다. 즉, 제 1 콜리메이터(10)와 제 2 콜리메이터(20) 사이에 위치하고, 기준 물질(31)과 반응 물질(32)로 이루어진 평판(30)의 기울기에 대해 도 3에서는 제 1 콜리메이터(10)와 제 2 콜리메이터(20) 방향에 대해 수직으로 평판(30)이 형성된 예를 보였으나, 평판(30)의 방향을 수직이 아닌 다른 각도로 기울어진 형태로 형성할 수 있다. 그래서 제작된 광학적 반응체(광학적 평판 및 반응 매질의 조합)의 빔 경로에 삽입된 각도를 수직이 아닌 어긋나게 입사 시키면 광학적 위상 지연을 일으키는 경로차가 변화하게 되고 전달 특성이 가변되게 된다. 이는 또 하나의 원하는 전달 주기와 정확한 파장 응답 특성을 구현할 수 있는 방법이다.

- <98> 상기에서 설명한 내용들과 같이 제안된 마하젠더 간섭계의 차별되는 특성 및 효과들은 독립적 혹은 다른 특성들과 결합하여 사용할 수 있다. 즉 다른 응용분야로의 적용에 대한 일 실시예로 설명한다면 기존의 다층 박막구조의 소자 제작 방식에 다층 박막을 수직적인 구조로 반복하여 설계하여 사용하는 데 반해, 상기의 제안된 마하젠더 간섭계의 구현 방식을 적용하면 기존의 특성에 평면적인 특성을 부가적으로 설계 사용할 수 있으며, 이에 따른 성능의 특성 이용할 수 있다. 이는 그 적용 가능한 조합과 응용이 매우 넓고 범용적이다.
- <99> 일반적으로 광학 센서 분야는 외부 섭동에 대한 광학적 특성변화를 검출하여 이용하게 되는데, 본 발명에서 제안한 마이크로 옵틱 마하젠더 간섭계형 구조는 상기에서 상술한 바와 같이 많은 장점과 효과를 가지고 있으며, 이에 대한 구체적인 실시 예들을 통해 그 응용 예들을 설명할 수 있다.
- <100> **본 발명의 구체적인 실시예**
- <101> 1. 온도 센서 (temperature)
- <102> 그 일 실시예로 매질(n_s)인 반응 물질(32)이 온도에 매우 민감하게 굴절률 특성이 달라지는 경우, 온도 변화에 따라 전달특성이 변화하게 되고, 변화된 전달 특성을 검출하여 온도변화를 감지할 수 있다.
- <103> 2. 감광 센서 (자외선, 적외선 등등)
- <104> 또 다른 일 실시예로 매질(n_s)인 반응 물질(32)이 특정 파장대의 외부 광입력에 민감한 특성 굴절률 특성에 따라 변화 한다면, 외부에서 입력된 빛의 양이나 시간에 따라 전달 특성은 변화하게 되고, 따라서 이 변화된 전달 특성을 검출하여 외부 입력 광의 변화를 감지할 수 있다.
- <105> 3. 가스 센서 (gas sensor)
- <106> 또 다른 일 실시예로 특정 가스에 대한 반응을 들 수 있다. 그래서 굴절률 특성이 바뀌는 매질(n_s)을 반응 물질(32)로 사용한다면, 외부 가스의 유무에 따라 전달 특성이 바뀌게 되고, 이에 따른 전달 특성을 변화를 검출함으로써 특정 가스에 대한 특성을 검출 할 수 있다.
- <107> 또 다른 일 실시예로 특정 가스 자체에 대한 광학적 특성을 측정하여 가스의 농도 등의 가스에 대한 특성을 측정할 수 있다.
- <108> 4. 화학 물질 검출 센서
- <109> 또 다른 일 실시예로 특정 화학 성분에 대한 반응으로 굴절률 특성이 바뀌는 매질을 사용한다면, 이 화학 물질의 반응으로 굴절률 특성이 바뀌게 되고, 이에 전달 특성 변화를 검출함으로써 특정 화학 물질에 대한 검출에 이용될 수 있다.
- <110> 5. 습도 센서
- <111> 또 다른 일 실시예로 습도 변화에 매우 민감한 물질을 반응 물질(32)로 사용한다면, 외부 습도 변화에 따른 전달 특성 변화를 검출하여 습도에 대한 특성 변화를 검출 할 수 있다.
- <112> 6. 압력 센서
- <113> 또 다른 일 실시예로 압력의 변화에 대해 반응할 수 있는 물질과 이 물질에 압력이 전달 될 수 있는 구조를 설계하게 되면, 외부 압력에 따른 전달 특성 변화를 유도 압력을 검출 하는데 이용할 수 있다.
- <114> 7. 침수 센서 (water detection)
- <115> 공기와 다른 매질 자체에 의한 전달 특성 변화(식각된 기관 자체와 외부 공기가 다른 물질로 대체 될 때의 전달 특성 변화)에 의해 침수센서로 응용이 가능하다.
- <116> 식각 깊이(d)와 기관의 굴절률 물질을 잘 선택하게 되면, 주변 환경이 공기일 때와 물일 때 모두 특정 대역에서의 전달 특성은 거의 손실없이 전달되게 구성할 수 있고, 특정 대역에서는 공기일 때 손실 특성이 거의 없다가 물로 바뀌게 되면 매우 큰 손실 특성을 가지게 설계 제작할 수 있다. 실제 동작중인 땅에서의 채널 감시를 위해서는 동작중인 채널에 영향을 미치지 않으면서 땅에 대한 정보를 검출하여 관리하게 된다. 이때 사용되는 파장은 전송영역과 무한한 파장을 주로 사용하게 된다. 종래의 손실형 침수 센서는 침수에 대한 응답 특성이 전 파장대역에서 손실을 발생시켜 별도의 광섬유를 침수 검출 목적으로 사용하여야 한다. 이는 원거리 검출이 가능한 방법이지만, 광섬유의 사용효율 측면에서 바람직한 방법이라고 하기는 어렵다.

- <117> 이에 반해 침수센서가 침수시에 특정 전송 대역에서는 침수 검출과 무관한 동작 특성을 보이고, 특정 파장의 검출 신호대역에서만 침수에 반응하는 구조의 센서는 별도의 광섬유를 사용하지 않고, 기존의 전송망에 부가적으로 적용이 가능하다. 상기의 센서 구조는 저손실 구조이며 대역 응답 특성을 가지므로 기존 망 내에서 신호의 전송에 무관하게 침수를 검출하는데 매우 유용하다.
- <118> 8. 기타 액체 매질의 굴절률 특성 측정 - 염분, 농도 측정
- <119> 액체의 굴절률은 그 구성 물질의 변화에 따라 변화한다. 순수한 물에 다른 첨가 성분들이 있으면 굴절률 특성이 바뀌게 된다. 혹은 특정 액체에서의 내부 구성 조성비의 변화에 따라서 굴절률 특성이 바뀌게 된다. 이러한 특성을 이용하여 액체의 굴절률 정보를 파장응답 특성을 통해 검출 할 수 있다. 대표적인 응용예로 염분, 특정 첨가물의 농도 측정, 특정 물질의 조성비에 따른 굴절률 변화 검출 등에 활용 될 수 있다.
- <120> 9. 특정 박막 자체의 굴절률 특성 측정
- <121> 광 기술의 성숙과 광 응용 분야의 확대로 다양한 재질의 기능성 박막 재료들이 광통신 소자, 광통신 센서, 디스플레이 소자 등에서 널리 이용되고 있다. 박막의 굴절률을 측정하는 방식이 있는데, 종래의 굴절률 측정 방식은 그 동작 원리나 측정 대상 및 적용분야에 따라 굴절형, 손실형, 간섭계형, 프리즘 결합형 등이 있다. 이 중 간섭계형은 실시간 비접촉식의 특성을 가지고 있어 연구 목적 뿐만 아니라 산업현장에서 널리 적용되고 있다. 그러나 종래의 간섭계를 이용한 측정에서는 간섭계 구성이 복잡하고, 단일 파장 혹은 비교적 좁은 광 스펙트럼대역에서 굴절률 정보를 얻게 된다. 또한 전체 광량의 일부를 투과 혹은 반사하여 간섭패턴을 발생시키고 이 특성을 분석하여 이용하므로 여러 가지 신호처리 기법이 요구되고 있다. 또한 종래의 마이크로 옵틱 마하젠더 간섭계 구조는 측정 대상의 박막의 일부를 식각하여 단차를 형성하고 이를 빔 경로에 정렬하여 마하젠더 간섭계를 구성하여 굴절률 특성 측정에 이용할 수 있다. 하지만 종래의 마하젠더 간섭계의 구성은 높은 소멸비의 동작영역이 단일 모드 차단 파장 이상을 제한되어 있고, 별도의 측방향 정렬이 요구되게 된다.
- <122> 이에 반해, 측정대상 필름을 주기적으로 식각하여 빔 진행 방향에 위치하게 되는 본 발명에서 제안된 마하젠더 구조는 측정 가능 영역이 광섬유 전송 전 영역에서 높은 소멸비를 구현할 수 있으며, 별도의 측방향 정렬 없이도 높은 소멸비 특성의 전달 특성을 얻을 수 있다.
- <123> 이는 종래의 측정 원리들이 부분적인 간섭 현상을 이용하여 그 간섭 패턴을 복잡한 신호처리를 통해 굴절률 정보를 얻는데 반해, 본 발명에서 제안된 방식은 그 간섭패턴이 높은 소멸비로 측정될 수 있고, 측정가능 파장대역이 매우 광범위하다. 또한 광섬유 내에서 마하젠더 간섭 현상을 이용하므로 정렬이나 광학계 구성이 매우 간단하다. 본 발명에서 제안된 마하젠더 간섭계는 굴절률 측정에 제한되지 않고 이를 활용하여 다양한 측정 시스템이나 응용 시스템으로 확장이 가능하다.
- <124> 10. 기울임 센서
- <125> 또 다른 일 실시예로 기울어 짐에 대한 정보를 검출하는데 사용될 수 있다. 평판의 기울어짐에 따라 전달 특성이 바뀌는 현상을 이용하여 평판이 기울어질 때 그 전달 특성을 검출 기울어짐 정보를 검출할 수 있다.
- <126> 11. 위치 센서
- <127> 또 다른 일 실시예로 특정 위치에 대한 반응을 들 수 있다. 그래서 위치 변화에 대해 전달 특성이 바뀌는 특성을 이용해, 위치 변화에 따라 전달 특성이 바뀌고, 이에 따른 전달 특성을 변화를 검출함으로써 특정 위치에 대한 특성을 검출 할 수 있다. 위치 변화에 따른 전달 특성은 위치 자체를 검출하기 쉬운 물리량으로 변환하여 위치 변화에 따른 특성을 검출할 수 있다. 일 실시예로 특정 물체의 위치 변화에 따라 평판의 기울임이 변화하게 할 수 있다. 또 다른 일 실시예로 특정 물체의 위치 변화를 압력으로 변환하여 굴절률 변화를 유도할 수 있다.
- <128> 12. 진동 센서
- <129> 또 다른 일 실시예로 특정 진동에 대한 반응을 들 수 있다. 외부 진동 변화에 대해 평판의 각도를 변화 시키거나 혹은 진동 변화에 대해 광학적 특성이 바뀌는 반응 물질(32)를 사용한다면, 진동에 따라 전달 특성 변화를 시간적 혹은 동작점의 변화로 바꾸어 주고, 이에 특성을 변화를 검출함으로써 특정 진동에 대한 특성을 검출 할 수 있다.
- <130> 13. 가속도 센서
- <131> 또 다른 일 실시예로 특정 가속도에 대한 반응을 들 수 있다. 관성체의 가속도 변화를 검출할 수 있는 압력 혹

은 위치 이동 밀도 변화 등 검출하기 쉬운 광학적 물리량으로 변화시켜 가속도 변화에 따라 전달 특성이 바뀌게 되고, 이에 따른 전달 특성을 변화를 검출함으로써 특정 가속도에 대한 특성을 검출 할 수 있다.

<132> 이외에도 기타 종래의 페브리-페롯 간섭계 구조의 응용 특성에 대해 본 발명은 보다 우수한 성능으로 모두 대처 하는 것이 가능하다.

<133> **본 발명의 진보성에 대해**

<134> 종래의 마이크로 옵틱 마하젠더 간섭계의 특허들에서는 구조 자체를 제안하고, 거기에서 확장된 다양한 세부적 인 형태의 필터들을 제안하고 특성을 얘기하고 있지만, 그 모든 것이 상기에서 제기한 정렬 문제를 해결할 수 있는 것은 존재하지 않고 있으며, 종래의 시장에서 널리 상용화된 박막필터 기반의 마이크로 옵틱 소자 제작 공 정 내(콜리메이터와 박막필터들을 하이브리드로 정렬하여 저손실의 우수한 성능의 광소자들을 구현하는 방식)에 서 수용되기 어려운 현실성이 적은 구조와 형태들을 제안하고 있을 뿐이다.

<135> 또한 종래의 "마이크로 옵틱 간섭계형 필터"는 마이크로 옵틱 정렬구조의 제품들과 호환을 이룰 수 있으며, 기 존의 특허가 가지는 모든 장점을 그대로 구현 가능하지만 그 응용에 대한 부분이 부족하다. 즉, 본 발명은 그 응용을 위해 구체적인 간섭계 구조에 대한 활용 방안을 보여준 것이다.

발명의 효과

<136> 이상에서 살펴본 바와 같이, 본 발명은 종래에는 고려되지 못한 설계적 측면을 도입함으로써 주기, 동작과장, 소멸비, 반응도 등의 광학적 특성을 폭넓게 조정 가능한 마이크로 옵틱 간섭계를 구현할 수 있게 하는 효과가 있다. 이에 따라 본 발명은 우수한 광특성의 마하젠더 간섭계를 원하는 동작 특성을 가지게 구현 할 수 있으며 별도의 평면 공정을 통해 정밀한 제어가 가능하여 설계가 간단하여 원하는 성능의 광학계를 효과적으로 구현 할 수 있다.

<137> 본 발명은 정렬에 무관한 마하젠더 간섭계를 구현 할 수 있는 효과도 있다.

<138> 더불어 본 발명은 원하는 소멸비 특성을 정렬에 무관하게 구현 할 수 있는 효과도 있다.

<139> 나아가 본 발명은 매우 넓은 동작 과장 영역에서 마하젠더 간섭계를 구현 할 수 있는 효과가 있다.

<140> 또한 본 발명은 원하는 동작 과장의 선택과 정밀한 경로차 제어가 가능한 효과도 있다.

<141> 이상에서 본 발명의 바람직한 실시예에 한정하여 설명하였으나, 본 발명은 이에 한정되지 않고 다양한 변화와 변경 및 균등물을 사용할 수 있다. 따라서 본 발명은 상기 실시예를 적절히 변형하여 응용할 수 있고, 이러한 응용도 하기 특허청구범위에 기재된 기술적 사상을 바탕으로 하는 한 본 발명의 권리범위에 속하게 됨은 당연하 다 할 것이다.

도면의 간단한 설명

<1> 도 1은 종래 마이크로 옵틱 마하젠더 간섭계의 구조도이다.

<2> 도 2는 종래 개선된 마이크로 옵틱 마하젠더 간섭계형 필터의 구조도이다.

<3> 도 3은 본 발명의 마이크로 옵틱 마하젠더 간섭계 기반의 계측 장치의 개념도이다.

<4> 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 박막의 굴절률 측정 개념을 비교하기 위한 도1의 종래의 마이크로 옵틱 마 하젠더 간섭계를 이용하였을 때 측정된 전달특성 그래프이다.

<5> 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 박막의 굴절률 측정을 위한 도3의 마이크로 옵틱 마하젠더 간섭계를 이용한 전달특성을 측정한 그래프이다.

<6> * 도면의 주요 부분에 대한 부호의 설명 *

<7> 10 : 제 1 콜리메이터

<8> 20 : 제 2 콜리메이터

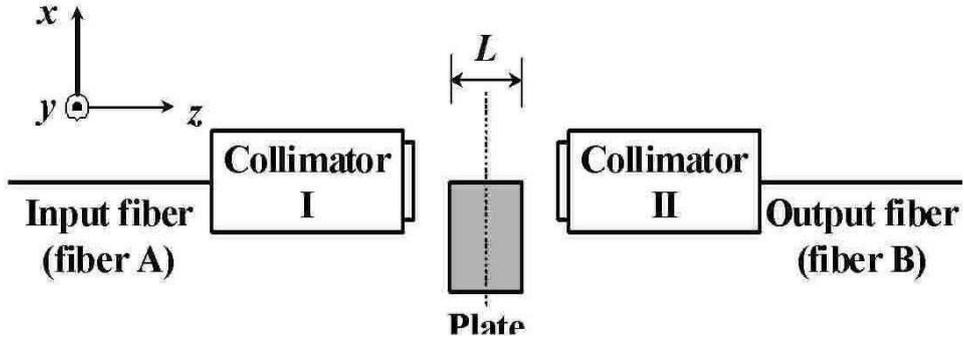
<9> 30 : 평판

<10> 31 : 기준 물질

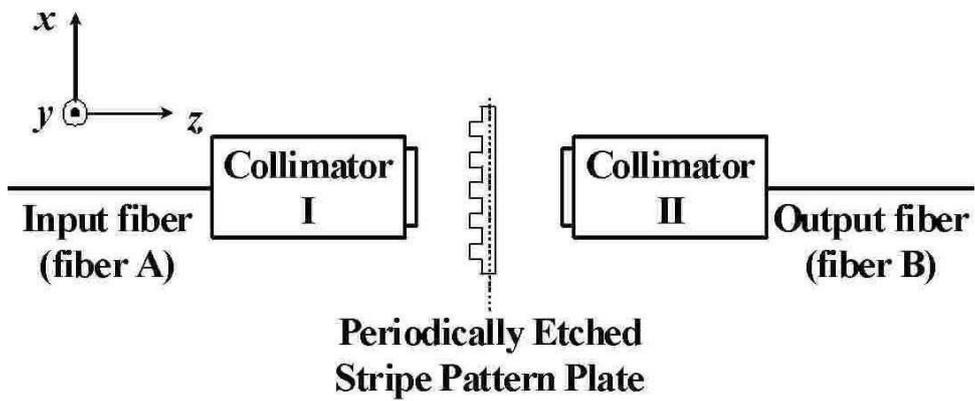
<11> 32 : 반응 물질

도면

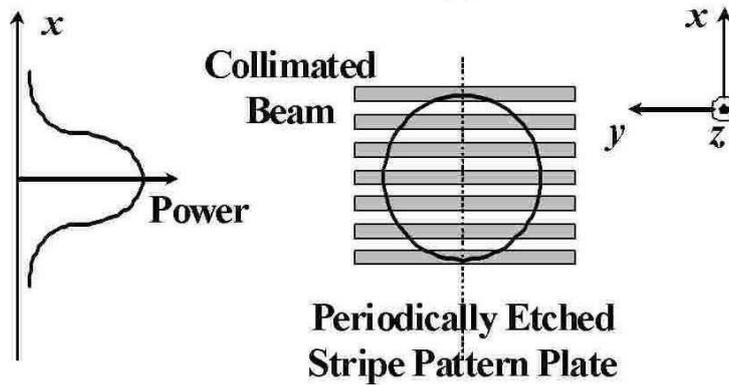
도면1



도면2

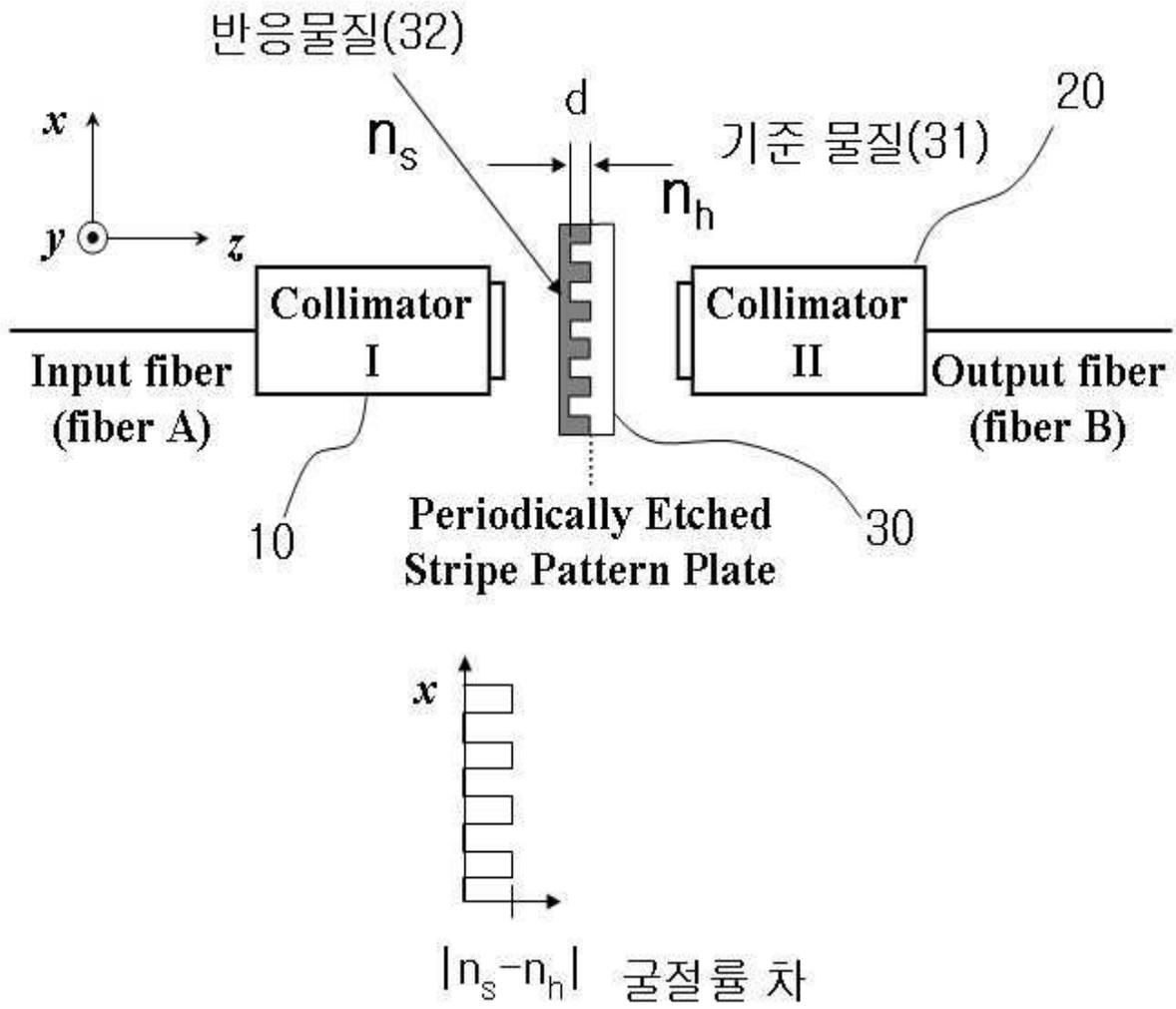


(a)

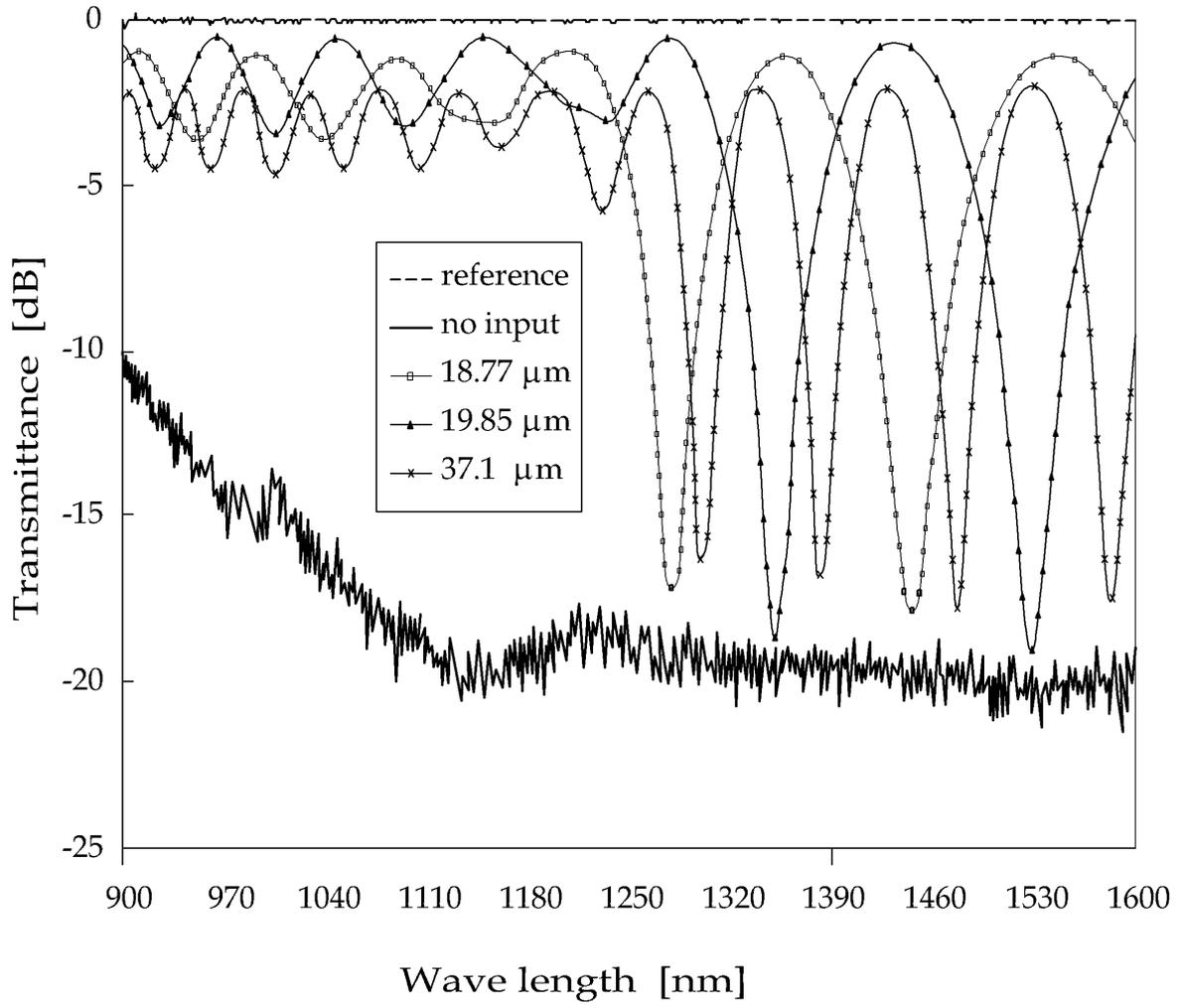


(b)

도면3



도면4



도면5

