



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2021년03월18일
(11) 등록번호 10-2228906
(24) 등록일자 2021년03월11일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01B 11/24 (2006.01) H04R 23/00 (2006.01)
 - (52) CPC특허분류
G01B 11/24 (2013.01)
H04R 23/008 (2013.01)
 - (21) 출원번호 10-2016-7001792
 - (22) 출원일자(국제) 2014년06월20일
심사청구일자 2019년06월12일
 - (85) 번역문제출일자 2016년01월21일
 - (65) 공개번호 10-2016-0024383
 - (43) 공개일자 2016년03월04일
 - (86) 국제출원번호 PCT/EP2014/063025
 - (87) 국제공개번호 WO 2014/202753
국제공개일자 2014년12월24일
 - (30) 우선권주장
20130866 2013년06월21일 노르웨이(NO)
20130884 2013년06월26일 노르웨이(NO)
 - (56) 선행기술조사문헌
JP2010210708 A*
(뒷면에 계속)
- 전체 청구항 수 : 총 21 항

- (73) 특허권자
신테프 또 에이에스
노르웨이 엔-7465 트론드하임 포스트박스 4764 슬루벤
- (72) 발명자
라플, 마띠에우
노르웨이 엔-1397 네소야 미르베이엔 22에이
요한센, 아이비-루네
노르웨이 엔-0882 오슬로 스�벤센가 174
(뒷면에 계속)
- (74) 대리인
조영현

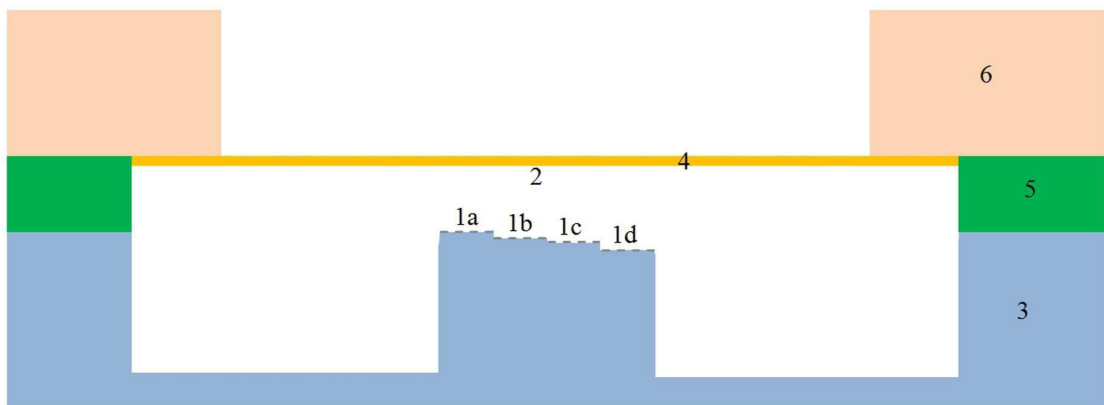
심사관 : 김기환

(54) 발명의 명칭 광변위 센서 요소

(57) 요약

본 발명은 적어도 부분적으로 반사 특성을 갖는 제1 표면, 및 회절 패턴을 갖는 제2 표면을 포함하는 광변위 센서에 관한 것으로, 상기 표면들은 서로 간의 거리가 가변적인 요소들 상에 제공되고, 각각의 표면 쌍은 그들 사이에 공동을 형성한다. 상기 센서는 또한 상기 공동들 안으로 적어도 하나의 선택된 파장에서 빛을 전달하는 적어도 하나의 광원, 및 상기 공동들로부터 빛을 전달받는 적어도 하나의 광 검출기를 포함하고, 상기 회절 패턴들은 상기 회절 표면들에 대해 알려진 위치에 제공된 적어도 하나의 검출기를 향해 빛을 유도하도록 구성된다.

대표도 - 도3



(72) 발명자

마께, 토르

노르웨이 엔오-1366 리사커 리사커 브리게 14

비조르, 올트-헤르만

노르웨이 엔-1389 헤게달 그젤룸 테라세 20

(56) 선행기술조사문헌

US20050018541 A1*

JP60064215 A*

US20070165896 A1*

KR1020120127156 A*

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

명세서

청구범위

청구항 1

적어도 부분적으로 반사 특성을 갖는 제1 표면 및 적어도 세 개의 회절 패턴들을 갖는 제2 표면을 포함하는 광변위 센서로서, 상기 표면들은 서로 간에 가변 거리를 갖는 요소들 상에 제공되고, 상기 부분적으로 반사 특성을 갖는 표면은 각 회절 패턴과 함께 각각의 쌍을 이루고, 상기 쌍의 각각은 그들 사이에 반사 공동을 형성하고, 각 공동은 반사 공동 길이를 가지며,

상기 센서는 상기 공동들 안으로 적어도 하나의 선택된 파장 범위의 빛을 전달하는 적어도 하나의 광원, 및 상기 공동들로부터 빛을 전달받는 적어도 하나의 광 검출기를 포함하고, 각각의 쌍은 상기 범위 내에서 선택된 파장에서 최대 회절 효율을 제공하도록 구성되고, 상기 회절 패턴들은 상기 회절 패턴들에 대해 알려진 위치에 제공된 적어도 하나의 검출기를 향해 빛을 유도하도록 구성되고, 상기 검출기는 각각의 쌍에 대응되는 회절 효율 위상을 측정하도록 구성되어, 3개 이상의 신호들을 생성하며,

상기 센서는 상기 광원의 강도에 상관없이 상기 제1 표면과 제2 표면 사이의 변위 측정을 제공하기 위해 상기 3개 이상의 신호들을 처리하는 처리 수단을 더 포함하고, 상기 쌍은 상기 선택된 파장들에서 각각 0, $2\pi/3$, 및 $4\pi/3$ 의 위상 오프셋을 제공하는, 광변위 센서.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 회절 패턴들은 상기 빛을 각각의 센서들로 집속시키는 회절 렌즈들인, 광변위 센서.

청구항 3

제2항에 있어서,

각각의 회절 렌즈는 빔 중심에 대해 이동되는 광학 축을 갖는 원형 패턴들로 구성되는, 광변위 센서.

청구항 4

제3항에 있어서,

각각의 회절 렌즈의 중심 영역은 상기 광원으로부터 검출기들로의 직접 반사를 방지하기 위한 표면 처리가 된, 광변위 센서.

청구항 5

제1항에 있어서,

공동 길이 차이는 상기 회절 패턴들로부터 유도된 빛 사이에 선택된 위상 차를 제공하도록 선택된, 광변위 센서.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 광원은 특정 영역을 커버하는 광 빔을 조사하고, 상기 공동들의 크기는 실질적으로 동일한 양의 빛을 전달하기 위해 상기 빔 안의 실질적으로 동일한 영역을 아우르는 빔 단면을 커버하도록 형성되는, 광변위 센서.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 표면들은 상기 광원으로서의 직접 반사를 막도록 처리되는, 광변위 센서.

청구항 8

제3항에 있어서,

상기 광원은 상기 제1 표면과 동일한 축을 갖도록 위치되고, 상기 공동들과 검출기들은 상기 광학 축을 중심으로 분포되는, 광변위 센서.

청구항 9

제8항에 있어서,

상기 공동들은 상기 축을 중심으로 동일한 크기의 단면을 구성하는, 광변위 센서.

청구항 10

제3항에 있어서,

상기 광원은 상기 광학 축의 바깥에 위치되고, 상기 공동들은 실질적으로 동일한 영역들 및 실질적으로 상기 빔 중심의 중심으로부터의 거리에 대한 주변의 섹션들을 커버하는, 광변위 센서.

청구항 11

제1항에 있어서,

상기 광원은 몇몇의 선택된 파장에서 빛을 전달하는 광학 섬유에 의해 상기 공동들로 광을 조사하고, 각각의 회절 패턴은 신호를 하나 이상의 검출기로 전달하는 하나 이상의 광학 섬유들을 향해 상기 선택된 파장들 중 하나의 빛을 유도하는, 광변위 센서.

청구항 12

제1항에 있어서,

상기 광원은 몇몇의 선택된 파장에서 빛을 전달하는 광학 섬유에 의해 상기 공동들로 광을 조사하고, 각각의 회절 패턴은 신호를 하나 이상의 검출기로 전달하도록 구성된 상기 광학 섬유를 향해 빛을 다시 유도하는, 광변위 센서.

청구항 13

제11항 또는 제12항에 있어서,

상기 광을 조사하는 섬유와 회절 패턴들 사이의 분산 요소가 서로 다른 파장을 서로 다른 회절 패턴들로 유도하는, 광변위 센서.

청구항 14

제1항에 있어서,

상기 공동들은 서로 다른 공동 길이를 형성하는, 광변위 센서.

청구항 15

제1항에 있어서,

상기 공동들은 서로 다른 파장의 빛을 조사받는, 광변위 센서.

청구항 16

제1항에 따른 광변위 센서를 포함하는 마이크로폰으로서,

상기 표면들 중 하나는 멤브레인에 장착된, 마이크로폰.

청구항 17

적어도 부분적으로 반사 특성을 갖는 제1 표면 및 적어도 두 개의 회절 패턴들을 갖는 제2 표면을 포함하는 광

변위 센서로서, 상기 표면들은 서로 간에 가변 거리를 갖는 요소들 상에 제공되고, 상기 부분적으로 반사 특성을 갖는 표면은 각 회절 패턴과 함께 각각의 쌍을 이루고, 상기 쌍의 각각은 그들 사이에 반사 공동을 형성하고, 각 공동은 반사 공동 길이를 가지며,

상기 센서는 상기 공동들 안으로 적어도 하나의 선택된 파장 범위의 빛을 전달하는 적어도 하나의 광원, 및 상기 공동들로부터 빛을 전달받는 적어도 하나의 광 검출기를 포함하고, 각각의 쌍은 상기 범위 내에서 선택된 파장에서 최대 회절 효율을 제공하도록 구성되고, 상기 회절 패턴들은 상기 회절 패턴들에 대해 알려진 위치에 제공된 적어도 하나의 검출기를 향해 빛을 유도하도록 구성되고, 상기 검출기는 각각의 쌍에 대응되는 회절 효율 위상을 측정하도록 구성되어, 3개 이상의 신호들을 생성하며,

상기 센서는 상기 광원의 강도에 상관없이 상기 제1 표면과 제2 표면 사이의 변위 측정을 제공하기 위해 상기 3개 이상의 신호들을 처리하는 처리 수단을 더 포함하고,

상기 적어도 두 개의 회절 패턴들은 제1 회절 패턴 및 제2 회절 패턴을 포함하고, 상기 선택된 파장들에서, 상기 제1 회절 패턴은 상기 제1 회절 패턴으로부터 회절되고 반사된 신호 사이에서 각각 0 및 π 의 위상 오프셋을 제공하고, 상기 제2 회절 패턴은 상기 제2 회절 패턴으로부터 회절되고 반사된 신호 사이에서 $\pi/2$ 및 $3\pi/2$ 의 위상 오프셋을 제공하는, 광변위 센서.

청구항 18

적어도 부분적으로 반사 특성을 갖는 제1 표면 및 적어도 네 개의 회절 패턴들을 갖는 제2 표면을 포함하는 광변위 센서로서, 상기 표면들은 서로 간에 가변 거리를 갖는 요소들 상에 제공되고, 상기 부분적으로 반사 특성을 갖는 표면은 각 회절 패턴과 함께 각각의 쌍을 이루고, 상기 쌍의 각각은 그들 사이에 반사 공동을 형성하고, 각 공동은 반사 공동 길이를 가지며,

상기 센서는 상기 공동들 안으로 적어도 하나의 선택된 파장 범위의 빛을 전달하는 적어도 하나의 광원, 및 상기 공동들로부터 빛을 전달받는 적어도 하나의 광 검출기를 포함하고, 각각의 쌍은 상기 범위 내에서 선택된 파장에서 최대 회절 효율을 제공하도록 구성되고, 상기 회절 패턴들은 상기 회절 패턴들에 대해 알려진 위치에 제공된 적어도 하나의 검출기를 향해 빛을 유도하도록 구성되고, 상기 검출기는 각각의 쌍에 대응되는 회절 효율 위상을 측정하도록 구성되어, 3개 이상의 신호들을 생성하며,

상기 센서는 상기 광원의 강도에 상관없이 상기 제1 표면과 제2 표면 사이의 변위 측정을 제공하기 위해 상기 3개 이상의 신호들을 처리하는 처리 수단을 더 포함하고, 상기 쌍은 상기 선택된 파장들에서 각각 0, $\pi/2$, π 및 $3\pi/2$ 의 위상 오프셋을 제공하는, 광변위 센서.

청구항 19

적어도 부분적으로 반사 특성을 갖는 제1 표면 및 적어도 다섯 개의 회절 패턴들을 갖는 제2 표면을 포함하는 광변위 센서로서, 상기 표면들은 서로 간에 가변 거리를 갖는 요소들 상에 제공되고, 상기 부분적으로 반사 특성을 갖는 표면은 각 회절 패턴과 함께 각각의 쌍을 이루고, 상기 쌍의 각각은 그들 사이에 반사 공동을 형성하고, 각 공동은 반사 공동 길이를 가지며,

상기 센서는 상기 공동들 안으로 적어도 하나의 선택된 파장 범위의 빛을 전달하는 적어도 하나의 광원, 및 상기 공동들로부터 빛을 전달받는 적어도 하나의 광 검출기를 포함하고, 각각의 쌍은 상기 범위 내에서 선택된 파장에서 최대 회절 효율을 제공하도록 구성되고, 상기 회절 패턴들은 상기 회절 패턴들에 대해 알려진 위치에 제공된 적어도 하나의 검출기를 향해 빛을 유도하도록 구성되고, 상기 검출기는 각각의 쌍에 대응되는 회절 효율 위상을 측정하도록 구성되어, 3개 이상의 신호들을 생성하며,

상기 센서는 상기 광원의 강도에 상관없이 상기 제1 표면과 제2 표면 사이의 변위 측정을 제공하기 위해 상기 3개 이상의 신호들을 처리하는 처리 수단을 더 포함하고, 상기 쌍은 상기 선택된 파장들에서 각각 0, $2\pi/5$, $4\pi/5$, $6\pi/5$ 및 $8\pi/5$ 의 위상 오프셋을 제공하는, 광변위 센서.

청구항 20

적어도 부분적으로 반사 특성을 갖는 제1 표면 및 적어도 일곱 개의 회절 패턴들을 갖는 제2 표면을 포함하는 광변위 센서로서, 상기 표면들은 서로 간에 가변 거리를 갖는 요소들 상에 제공되고, 상기 부분적으로 반사 특성을 갖는 표면은 각 회절 패턴과 함께 각각의 쌍을 이루고, 상기 쌍의 각각은 그들 사이에 반사 공동을 형성하고, 각 공동은 반사 공동 길이를 가지며,

상기 센서는 상기 공동들 안으로 적어도 하나의 선택된 파장 범위의 빛을 전달하는 적어도 하나의 광원, 및 상기 공동들로부터 빛을 전달받는 적어도 하나의 광 검출기를 포함하고, 각각의 쌍은 상기 범위 내에서 선택된 파장에서 최대 회절 효율을 제공하도록 구성되고, 상기 회절 패턴들은 상기 회절 패턴들에 대해 알려진 위치에 제공된 적어도 하나의 검출기를 향해 빛을 유도하도록 구성되고, 상기 검출기는 각각의 쌍에 대응되는 회절 효율 위상을 측정하도록 구성되어, 3개 이상의 신호들을 생성하며,

상기 센서는 상기 광원의 강도에 상관없이 상기 제1 표면과 제2 표면 사이의 변위 측정을 제공하기 위해 상기 3개 이상의 신호들을 처리하는 처리 수단을 더 포함하고, 상기 쌍은 상기 선택된 파장들에서 각각 0 , $2\pi/7$, $4\pi/7$, $6\pi/7$, $8\pi/7$, $10\pi/7$ 및 $12\pi/7$ 의 위상 오프셋을 제공하는, 광변위 센서.

청구항 21

적어도 부분적으로 반사 특성을 갖는 제1 표면 및 적어도 세 개의 회절 패턴들을 갖는 제2 표면을 포함하는 광 변위 센서로서, 상기 표면들은 서로 간에 가변 거리를 갖는 요소들 상에 제공되고, 상기 부분적으로 반사 특성을 갖는 표면은 각 회절 패턴과 함께 각각의 쌍을 이루고, 상기 쌍의 각각은 그들 사이에 반사 공동을 형성하고, 각 공동은 반사 공동 길이를 가지며,

상기 센서는 상기 공동들 안으로 적어도 하나의 선택된 파장 범위의 빛을 전달하는 적어도 하나의 광원, 및 상기 공동들로부터 빛을 전달받는 적어도 하나의 광 검출기를 포함하고, 각각의 쌍은 상기 범위 내에서 선택된 파장에서 최대 회절 효율을 제공하도록 구성되고, 상기 회절 패턴들은 상기 회절 패턴들에 대해 알려진 위치에 제공된 적어도 하나의 검출기를 향해 빛을 유도하도록 구성되고, 상기 검출기는 각각의 쌍에 대응되는 회절 효율 위상을 측정하도록 구성되어, 3개 이상의 신호들을 생성하며,

상기 센서는 상기 광원의 강도에 상관없이 상기 제1 표면과 제2 표면 사이의 변위 측정을 제공하기 위해 상기 3개 이상의 신호들을 처리하는 처리 수단을 더 포함하고,

상기 적어도 세 개의 회절 패턴들은 제1 회절 패턴, 제2 회절 패턴 및 제3 회절 패턴을 포함하고, 상기 선택된 파장들에서, 상기 제1 회절 패턴은 상기 제1 회절 패턴으로부터 회절되고 반사된 신호 사이에서 각각 0 및 π 의 위상 오프셋을 제공하고, 상기 제2 회절 패턴은 상기 제2 회절 패턴으로부터 회절되고 반사된 신호 사이에서 $\pi/3$, 및 $4\pi/3$ 의 위상 오프셋을 제공하고, 상기 제3 회절 패턴은 상기 제3 회절 패턴으로부터 회절되고 반사된 신호 사이에서 $2\pi/3$, 및 $5\pi/3$ 의 위상 오프셋을 제공하는, 광변위 센서.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 광변위 센서 요소에 관한 것이다. 그 한 가지 예는, 스페이서(spacer)에 의해 형성된 공동(cavity)에 의해 분리된 두 개의 본질적으로 평평한 표면들을 포함하는 압력 센서나 마이크로폰으로, 여기서 상기 평평한 표면들 사이의 간격은 상기 공동 안의 압력과 관련된 환경 내 압력 진동에 따라 달라진다. 상기 표면들 사이의 거리는 상기 표면들 중 하나 또는 둘 모두의 변위, 또는 스페이서의 압축에 의해 달라질 수 있다.

배경 기술

[0002] 최근까지, 마이크로폰과 같은 변위 센서들은 커패시터(capacitor) 구조들과 임피던스(impedance) 측정치들을 바탕으로 해왔다. 이는 감도(sensitivity), 고전압 바이어싱(high voltage biasing), 층들 간의 분리, 후방 전극에 대한 멤브레인의 정렬 및 배치, 전치 증폭기에 대한 높은 요건, 및 비선형 반응 등을 해결하는데 높은 비용

과 복잡성이 따르는 많은 단점들을 갖는다.

[0003] US2005/0018541에서는 복잡한 광학 없이도 변위, 압력, 음향 신호 등을 측정할 수 있는 광학 센서 요소를 제공하기 위한, 변조된 회절 효율을 갖는 회절 구조를 사용한 개선 방법을 기재하고 있다. 이는 집속 역량이 있는 격자(grating)를 사용하여 복잡한 광학의 필요성을 제거 또는 줄임으로써 달성된다. 이에 대해서는 이하 프레넬 존 플레이트(Fresnel zone plate)들을 바탕으로 설명할 것이다. 프레넬 존 플레이트는 회절을 바탕으로 평평한 렌즈를 제공하는 것으로 알려져 있다. 이러한 구조는 도 1에 도시되어 있다. 그러나, 상기 제시된 해결 방안에서는 반사면을 움직임으로써 생성된 신호를 도시한 도 2에 나타난 바와 같이, 다이내믹 레인지(dynamic range)가 약 $\lambda/8$ 로 한정된다. 이 신호는 주기적이다(제1 주기만이 도면에 도시되어 있다). 두 개의 제1 작동 지점들은 $\lambda/8$ 및 $3\lambda/8$ 에서 두 개의 원으로 도시되었다. 화살표들은 생성된 신호가 반사면 위치와 거의 선형인 센서의 다이내믹 레인지를 나타낸다.

[0004] 몇몇 이상 신호들을 조합함으로써 다이내믹 레인지가 증가되는, 사인 또는 준-사인 신호들을 생성하는 다른 유형의 위치 센서들도 있다. 브라운, 데이빗 A et al의 "섬유 광학 간섭계 센서들을 위한 대칭 3x3 커플러 기반 복조기(A symmetric 3x3 coupler based demodulator for fiber optic interferometric sensors." SPIE, 섬유 광학 및 레이저 센서(Fiber Optic and Laser Sensors IX Vol. 1584 (1991) [1]) 및 레이드, 그레그 J., 와 데이빗 A. 브라운의 "3x3 커플러 기반 섬유 광학 센서들을 위한 멀티플렉스 아키텍처(Multiplex architecture for 3 x 3 coupler based fiber optic sensors)" SPIE, 분산된 다중 섬유 광학 센서들 RI, 보스톤(SPIE, Distributed and Multiplexed Fiber Optic Sensors RI, Boston (1993) [2])에서는 0° , 120° 및 240° 위상 변이를 갖는 3 개 신호를 사용해 수 개 파장의 다이내믹 레인지의 위치를 검색하는 섬유-기반 위치 센서들의 예들에 대해서 논의한다. 또한, 스토우(Stowe), D와 정-위엔 수(Tsung-Yuan Hsu)의 "섬유-광학 수동 쿼드러처 복조기를 사용한 간섭계 센서들의 복조(Demodulation of interferometric sensors using a fiber-optic passive quadrature demodulator)" 광파 기술 저널 (Lightwave Technology, Journal of 1.3 (1983): 519-523 [3])에 기재된 바와 같이 신호들을 쿼드러처(quadrature)(90° 위상 오프셋)에 사용할 수도 있다.

[0005] 이는 또한 광학 간섭계 센서 US 2009/0268211, 특히 요약과 [0013], [0016] 및 [0020] 단락에 언급되어 있다.

[0006] 또 다른 종래 기술의 예가 US7355720에 기재되어 있는데, 반사광의 양이 측정되는 패브리-페로 공진기(Fabry-Perot resonators)로 한정하고 있다. 여기서, 반사되지 않은 빛은 전송된다. 이 원리는 가령 얼마의 빛이 0-순차 (거울 반사) 및 -1/+1- 순차들로 유도되는지 등 공동 길이가 변하면 그레이팅의 회절 효율이 조절되는 본 발명의 그레이팅 판독(grating readout)과는 다르다. 멤브레인이 전체를 반사하는 경우, 빛은 전달되지 않는다. 전체를 반사하는 패브리 페로 장치에서는 전체를 반사하는 멤브레인은 소용이 없을 것이다. 공동 길이가 변하는 반사광은 변조되지 않을 것이다.

[0007] 그러나, 특허 US7355720에서는 몇몇 신호를 사용해 다이내믹 레인지를 확장하는 것에 대해 언급하고 있다. 그러나, 여기서 그러한 신호들은 먼저 서로 다른 파장에 의해 생성된다. [0020] 단락에서는 몇몇 신호들에 의해 심문이 가능한 한 무더기의 다중 광학 공동들 및 다중 광원들을 사용하는 것에 대해 언급하고 있다. D 신(Shin)과 B 김(Kim)의 " 위상 변이된 쿼드러처를 생성하는 두 개의 마이크로 기계화된 그레이팅들을 갖는 레이저 간섭계 암호기(A laser interferometer encoder with two micromachined gratings generating phase shifted quadrature)", 마이크로기계학 및 마이크로공학 저널(Journal of Micromechanics and Microengineering). 21 (2011) 085039에서는 두 개의 서로 다른 그레이팅 라인 주기를 갖는 두 개의 그레이팅들을 사용하는 대안적인 변위 암호기를 기재하고 있다. 이 실험에서는, 두 개의 그레이팅들로부터의 신호들이 빛이 회절되는 각도로 분리되는데, 이는 그레이팅 선들의 주기의 함수이다. 두 개의 신호들을 분리하기 위해, 상기 장치에 조준된 빛(집광 렌즈로 벌크 헬륨네온 레이저)을 조사해야 하고, 광검출기가 그레이팅으로부터 상대적으로 멀리 놓여야 한다 (여기서는 10mm). 결과적인 측정치는 쿼드러처 안의 두 개의 신호들 때문에 조사 파장의 몇 배의 다이내믹 레인지 안에서 수행될 수 있으나, 측정치는 레이저 강도 내 변수의 영향을 받을 것이다.

발명의 내용

[0008] 따라서, 본 발명의 목적은 증가된 다이내믹 레인지를 갖는 비교적 간단하고 저렴한 변위 센서를 제공하는 것이다. 또한, 광원에서 강도 변수의 영향을 감소시키는 해결 방안을 제공하는 것이다. 본 발명의 목적들은 첨부된 도면에 도시된 바와 같이 본 발명에 따른 센서를 사용해 달성된다. 이러한 해결 방안은 빛을 분절된 광원(가령 VCSEL)으로부터 서로 다른 광검출기에 집속하는 집속 회절 패턴들을 사용하여 소형 MEMS 장치 안에 통합될 수 있다. 이에 따라, 서로 다른 회절 패턴들로부터 신호들을 분리하는 소형의 간단한 방식을 제공한다.

[0009] 신호 처리는 앞서 설명한 특허 출원들, 특히 US2005/0018541을 바탕으로 설명되었다.

[0010] 본 발명은 몇몇 회절 요소들의 사용의 연장으로 설명될 수 있다. 회절 요소들은 동일한 반사 표면 아래에 놓일 수 있고, 반사 표면에 대한 그들의 높이들은 거의 일정한 높이 오프셋 만큼만 달라야 한다 (이러한 거의 일정한 높이 오프셋은 각각의 회절 요소에 따라 다르다). 서로 다른 회절 요소들로부터의 반사 및/또는 회절은 몇몇 검출기들로 유도되고 위상차를 갖는 신호들을 생성한다.

[0011] 따라서, 이러한 원리는 아래와 같이 설명될 수 있다.

[0012] 각각의 회절 요소가 자신의 검출기에 빛을 유도하면, 아래와 같은 전기 신호가 제공되고,

$$A_n \approx I \left(1 + \cos \left(\frac{4\pi}{\lambda} \delta + \varphi_n \right) \right)$$

[0013]

[0014] 위상 오프셋은,

$$\varphi_n = \frac{4\pi}{\lambda} d_n$$

이 되며,

[0015]

[0016] 이러한 경우, I 는 조도, λ 는 조사 파장, d_n 는 공전 위치(idle position)에서의 반사 표면에 대한 각각의 회절 요소의 높이(거리), 그리고 δ 는 공전 위치에 대한 반사 표면의 변위이다. 신호 A 가 생성되는 방법에 대한 추가적인 정보는 US2005/0018541에서 찾을 수 있다.

[0017] 따라서, 여기서 원리는 서로 다른 위상 오프셋들로 몇몇 신호들을 판독하는 것이고, 우리는 이 방법을 다중 위상 판독이라고 부른다. 특별한 경우, 이 방법은 차동 판독 (두 개 신호가 위상 차이, 특히 180° 위상 차이가 있는 경우), 또는 2차 판독 (위상 차가 90° 인 두 개의 신호를 사용하는 경우)이라고 불릴 수 있다.

[0018] 측정을 위해, 그리고 다소 직접 다이내믹 레인지를 증가시키기 위해 위상이 다른 λ 정현파 신호들을 결합하는 원리는 이미 EP2482040, US2005/0253052 및 WO 2002/04895에서 몇몇 장치들, 가령 광학 위치 센서들에서 구현되었다. 그 외 특허 출원은 간접 거리 측정 및 TV-홀로그래피에 관한 것일 수 있다 (이 마지막 출원과 관련된 결과가 신속히 검색되지 않았다). 우리는 본 발명을 회절 판독으로, 즉, 회절 그레이팅이나 집속 회절 렌즈를 사용해 센서들을 위치시키는 것으로 한정하고자 한다.

[0019] US2005/0018541에서는, 반사 표면에 상대적으로 두 개의 서로 다른 높이를 갖는 두 개의 회절 요소들이 공개 출원의 도 9에 도시된 바와 같이 위상 차가 180° 인 두 개의 신호 A_1 및 A_2 를 제공하는 "차동 마이크로폰"을 기재하고 있다.

[0020] 또한:

$$\begin{cases} A_1 = I \left(1 + \cos \left(\frac{4\pi}{\lambda} \delta \right) \right) \\ A_2 = I \left(1 + \cos \left(\frac{4\pi}{\lambda} \delta + \pi \right) \right) = I \left(1 - \cos \left(\frac{4\pi}{\lambda} \delta \right) \right) \end{cases}$$

[0021]

[0022] A_1 과 A_2 를 결합하고 반사 표면의 변위를 직접 검출함으로써 조도 I 에서 변동을 취소할 수 있다.

$$\delta = \frac{\lambda}{4\pi} \cos^{-1} \left(\frac{A_1 - A_2}{A_1 + A_2} \right)$$

[0023]

[0024] 조도 변동의 취소는 π 의 위상 차를 갖는 두 개의 신호들을 생성하는 회절 요소에 의해 (제1 회절 차순으로) 집속된 빛과 회절 요소에 의해 (제0 회절 차순으로) 반사된 빛을 측정함으로써 구현 가능하다. 반사와 회절 두 가지를 모두 이용하여 조도 변동을 취소하는 내용은 라콜(Lacolle) et al에 의해 "변조된 회절 렌즈를 바탕으로 한 마이크로 기계화된 광학 마이크로폰(Micromachined Optical Microphone based on a modulated diffractive lens)" 광학 마이크로시스템에 대한 제3 EOS 주제 회의(3rd of the EOS Topical Meeting on Optical

Microsystems (0μS'09), 카프리, 9월 27-30., 2009)를 통해 발표되었었다. 홀(Hall) et al의 특허 US2011/0194857 및 US2011/0194711에서는 집속 기능 없이 선형 그레이팅에 적용된 원리에 대해 기재하고 있다.

[0025] 최고의 감도와 선형에 가까운 측정을 달성하기 위해서는, 측정된 신호의 왜곡을 피하기 위해

$$A = I \left(1 + \cos \left(\frac{4\pi}{\lambda} \delta + \varphi \right) \right)$$

을 제공하는 곡선이 (최고의 감도를 위해) 최대 기울기를 갖고 선형에 가장 가깝도록 반사 표면의 공진 위치와 작동 지점이 위치하는 것이 중요하다. 두 개의 최초 작동 지점들이 도 2에 도시되어 있다.

[0026] 여기서, 곡선은 거리에 있어서 $\lambda/2$ 의 주기 또는 위상에 있어서 2π 의 주기를 갖도록 실제로 주기를 갖는다. 따라서, 높은 감도와 훌륭한 선형성을 보장하기 위해, ϕ 은 $\pi/2 + \pi$ 의 정수 배에 근접해야 한다. 이는 회절 요소와 공진 위치에서의 반사 표면 간의 거리 d 가 다음의 조건을 만족해야 한다는 것을 의미한다.

$$d = \frac{\lambda}{8} + m \frac{\lambda}{4}$$

[0027] 이고, $m=1, 2, 3, \dots$

[0028] 따라서, 거리 d 는 매우 정확히 규정되어야 한다. 그러나, 물리적인 구현에 있어서, 공진 위치에서의 반사 표면에 대한 회절 요소의 높이는 처음부터 높이가 정확한 장치를 제조하는 것이 매우 어렵다는 사실과 함께 장치의 열 안정성 때문에, 변경될 수 있다. 이러한 경우, 회절 요소들의 높이에 있어서 섭동(perturbation) $d_{\text{섭동}}$ 을 갖는데, 이는 시간에 따라 변할 수도 있고 변하지 않을 수도 있지만, 모든 회절 요소들에 대해서는 동일하다.

[0029] US2004/0130728 과 US2005/0192976에서는, 정전 구동에 의해 반사 표면이 올바른 작동 지점으로 변위된 해결 방안에 대해 기재하고 있다. 이러한 시스템은 능동적인 피드백 시스템을 필요로 한다.

[0030] 다중 위상 변이 또한 이러한 문제점에 대한 해결책으로 사용될 수 있다. 우리는 가령 n 번째 회절 요소의 높이가 다음에 따라 주어지는 N 회절 요소들을 갖는 장치를 제조할 수 있다.

$$d_n = \frac{\lambda}{8} + m \frac{\lambda}{4} + n \frac{\lambda}{4N} + d_{\text{섭동}}$$

[0031] 이러한 경우, 다음을 충족하는 회절 요소가 있다는 것을 보장할 수 있다.

$$\left| d_n - \frac{\lambda}{8} - m \frac{\lambda}{4} \right| \leq \frac{1}{2} \frac{\lambda}{4N}$$

[0033] 상기 조건을 충족하는 회절 요소를 선택하게 되면 우수한 감도와 선형성을 보장할 수 있다. 가령, 4 개의 회절 요소가 있는 경우, 작동 지점이 높이에 있어서 최근접한 이상적인 작동 지점의 $\lambda/32$ 또는 위상에 있어서 $\pi/8$ 이내인 작동 지점을 갖는 회절 요소가 있을 것이다.

[0035] 본 발명에서 제공하는 또 다른 새로운 특징은 센서의 다이내믹 레인지를 증가시키는 것이다. 이를 통해 센서의 다이내믹 레인지를 $\sim \lambda/8$ 동작 영역에서 수 λ 동작 영역으로 증가시킬 수 있다.

[0036] 이는 횡축으로 두 개의 신호를 제공하는 두 개의 회절 요소들을 갖는 센서를 제조함으로써 달성할 수 있다.

$$\begin{cases} A_1 = I \left(1 + \cos \left(\frac{4\pi}{\lambda} \delta \right) \right) \\ A_2 = I \left(1 + \cos \left(\frac{4\pi}{\lambda} \delta - \frac{\pi}{2} \right) \right) = I \left(1 + \sin \left(\frac{4\pi}{\lambda} \delta \right) \right) \end{cases}$$

[0037] 변위 δ 는 먼저 복소수를 산출하고,

$$\left(\frac{A_1}{I} - 1 \right) + i \left(\frac{A_2}{I} - 1 \right) = \cos \left(\frac{4\pi}{\lambda} \delta \right) + i \sin \left(\frac{4\pi}{\lambda} \delta \right)$$

[0040] 이 복소수의 위상을 언랩(unwrap)함으로써 도출된다.

$$\delta = \frac{\lambda}{4\pi} \text{Unwrap} \left[\text{Arg} \left[\left(\frac{A_1}{I} - 1 \right) + i \left(\frac{A_2}{I} - 1 \right) \right] \right]$$

[0042] 이러한 경우, 장치는 정확한 공전 위치 (작동 지점)를 필요로 하지 않고, 작은 높이 변수 $d_{\text{작동}}$ 은 장치의 감도나 선형도를 떨어뜨리지 않을 것이다. 또 다른 이점으로, 수 λ 일 수 있는 반사 표면 변위의 진폭에 있어서 이론적 제한이 없다는 것이다. 그러나 이 방법에서는 조도 I 를 알아야 한다. 이는 180° 의 위상 변위를 갖는 신호를 제공하는 회절 요소들을 추가함으로써 동일한 장치에서 구현할 수 있다.

[0043] 횡축의 2 개 신호들로부터 몇몇 파장의 다이내믹 레인지 상에서 위치를 도출하기 위한 대안적인 알고리즘이 스토우(Stowe), D와 정-위엔 수(Tsung-Yuan Hsu)의

[0044] "섬유-광학 수동 쿼드러처 복조기를 사용한 간섭계 센서들의 복조(Demodulation of interferometric sensors using a fiber-optic passive quadrature demodulator)"광파 기술 저널 (*Lightwave Technology, Journal of* 1.3 (1983): 519-523 [3])에 기재되어 있다.

[0045] 일 실시예에 따르면, 4 개의 회절 요소들을 통한 다중 위상 관독이 고려될 수 있다. 이러한 4개의 회절 요소들은 다음을 제공한다.

$$\begin{cases} A_1 = I \left(1 + \cos \left(\frac{4\pi}{\lambda} \delta \right) \right) \\ A_2 = I \left(1 + \cos \left(\frac{4\pi}{\lambda} \delta + \frac{\pi}{2} \right) \right) = I \left(1 - \sin \left(\frac{4\pi}{\lambda} \delta \right) \right) \\ A_3 = I \left(1 + \cos \left(\frac{4\pi}{\lambda} \delta + \pi \right) \right) = I \left(1 - \cos \left(\frac{4\pi}{\lambda} \delta \right) \right) \\ A_4 = I \left(1 + \cos \left(\frac{4\pi}{\lambda} \delta + \frac{3\pi}{2} \right) \right) = I \left(1 + \sin \left(\frac{4\pi}{\lambda} \delta \right) \right) \end{cases}$$

[0046] 변위 δ 는 다음을 통해 도출된다.

$$\delta = \frac{\lambda}{4\pi} \text{Unwrap} \left[\text{Arg} \left[\left(\frac{A_1 - A_3}{A_1 + A_3} \right) + i \left(\frac{A_4 - A_2}{A_2 + A_4} \right) \right] \right]$$

[0049] 이는 조도 I 로부터 독립적이다.

[0050] 이는 다음과 같은 다중 위상 관독의 3 가지 이점들을 모두 제공하는 상술한 원리들을 조합한 것이다.

- [0051] ● 조도의 변동 취소
- [0052] ● 작동 지점 조절
- [0053] ● 증가된 다이내믹 레인지

[0054] 상기 해결책에 대한 대안으로, 두 개의 회절 요소들을 사용하여 횡축으로 두 개의 신호를 제공할 수 있는데, 2 개의 회절 요소들 각각으로부터의 회절되고 반사된 신호들이 측정된다. 이 회절되고 반사된 신호들은 위상이 다

르다 (180° 위상 오프셋). 이는 상술한 4 개 신호들에 $\varphi = 0, \frac{\pi}{2}, \pi, \frac{3\pi}{2}$ 를 제공하나, 여기서 I 는 회절되고 반사된 신호와 다를 수 있다. 단, 승인자(multiplicative factor) 만큼만 다른 것으로, 이는 쉽게 교정할 수 있다.

[0055] 다음 신호들을 제공하는 3 개의 회절 요소들을 사용해 조도 신호와 반사 표면 변위를 모두 도출할 수 있다.

$$\begin{cases} A_1 = I \left(1 + \cos \left(\frac{4\pi}{\lambda} \delta \right) \right) \\ A_2 = I \left(1 + \cos \left(\frac{4\pi}{\lambda} \delta - \frac{2\pi}{3} \right) \right) \\ A_3 = I \left(1 + \cos \left(\frac{4\pi}{\lambda} \delta + \frac{2\pi}{3} \right) \right) \end{cases}$$

[0056]

[0057] 그런 다음에는 복소수를 산출한다.

$$S = A_1 + A_2 \exp \left(i \frac{2\pi}{3} \right) + A_3 \exp \left(-i \frac{2\pi}{3} \right)$$

[0058]

[0059] 그러면 다음이 도출된다.

$$S = I \frac{3}{2} \left[\cos \left(\frac{4\pi}{\lambda} \delta \right) + i \sin \left(\frac{4\pi}{\lambda} \delta \right) \right]$$

[0060]

[0061] S의 모듈러스를 산출함으로써 신호 조도를 쉽게 도출할 수 있다:

$$I = \frac{2}{3} \text{Abs}(S)$$

[0062]

[0063] 그리고 반사 표면 변위는 S의 위상을 산출하고 언랩(unwrap) 함으로써 도출할 수 있다.

$$\delta = \frac{\lambda}{4\pi} \text{Unwrap}[\text{Arg}(S)]$$

[0064]

[0065] 이는 또한 다중 위상 관독의 3가지 이점을 모두 제공한다:

[0066]

● 조도의 변동의 취소

[0067]

● 작동 지점 조절

[0068]

● 증가된 다이내믹 레인지

[0069]

0, 120° 및 240° 위상 변이를 갖는 3개 신호들로부터 몇몇 파장들의 다이내믹 레인지 상에서 위치를 도출하기 위한 대안적인 알고리즘이 브라운, 데이빗 A 외.의 "섬유 광학 간섭계 센서들을 위한 대칭 3x3 커플러 기반 복조기(A symmetric 3x3 coupler based demodulator for fiber optic interferometric sensors" SPIE, 섬유 광학 및 레이저 센서(*Fiber Optic and Laser Sensors IX* Vol. 1584 (1991) [1]) 및 레이드, 그레그 J., 와 데이빗 A. 브라운의 "3x3 커플러 기반 섬유 광학 센서들을 위한 멀티플렉스 아키텍처(Multiplex architecture for 3 x 3 coupler based fiber optic sensors)" SPIE, 분산된 다중 섬유 광학 센서들 RI, 보스턴(*SPIE, Distributed and Multiplexed Fiber Optic Sensors RI, Boston* (1993) [2])에 기재되어 있다.

[0070]

더 일반적인 방식으로, 다음을 통해 I를 도출할 수 있는 경우 3개 이상의 적합한 신호들을 사용할 수 있다:

$$I = \sum \alpha_i A_i$$

[0071]

[0072] 그리고 다음을 통해 변위를 도출할 수 있다:

$$\delta = \frac{\lambda}{4\pi} \text{Unwrap} \left[\text{Arg} \left[\sum \beta_i \left(\frac{A_i}{I} - 1 \right) \right] \right]$$

[0073]

[0074] 여기서, α_i 는 실상수들이고, β_i 는 복소수 상수들이다.

[0075] 신호들을 더 추가하면 측정을 반복할 수 있고, 측정 오류를 줄일 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0076] 본 발명의 기술적 구현을 예들을 통해 본 발명을 도시한 첨부된 도면을 참조로 더 상세히 설명한다.

도 1 및 도 2는 종래 기술을 도시한 도면이다.

도 3은 다중 위상 관독 및 여기서는 4 개의 회절 요소들을 갖는 위치 센서를 도시하고 있다.

도 4는 광원과 광검출기들을 구비한 본 발명의 일 실시예에 따른 장치를 도시하고 있다.

도 5는 광 축에서 벗어난 광원과 광검출기들을 구비한 본 발명의 또 다른 일 실시예에 따른 장치를 도시하고 있다.

도 6a 내지 6c에서는 도 5에서 조도가 축에서 벗어나고 3 가지 서로 다른 회절 요소들이 반사 표면 아래의 원형 영역에 위치된 경우를 도시하고 있다.

도 7은 도 4에서 광원이 축상에 위치한 경우를 도시하고 있다.

도 8에서는 축에서 벗어난 실시 예에서 그레이팅에서의 직접 반사를 줄일 수 있는 해결 방안을 도시하고 있다.

도 9에서는 도 8과 유사하나 축상에 있는 해결 방안을 도시하고 있다.

도 10에서는 회절 요소들로부터 공동들의 반대측 상의 반사 표면에 리세스들이 구현된 실시 예를 도시하고 있다.

도 11에서는 센서에서 빛을 전송하고 선택하기 위한 광섬유를 사용하는 본 발명의 일 실시 예를 도시하고 있다.

도 12에서는 도 11에 도시된 실시 예에서, 섬유를 통해 다른 파장을 전달받는 경우를 도시하고 있다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0077] 다중 위상 관독을 하는 변위 센서가 도 3에 도시되어 있다. 이 장치는 적어도 부분적으로 반사 특성을 갖고 있고, 멤브레인(4)이 형성된 측면일 수 있는 표면(2), 그리고 몇 개의 회절 요소들(1a-d)로 구성된다. 상기 표면(2)과 회절 요소들(1a-d)은 스페이서(5)로 형성된 공동(cavity)에 의해 분리된다. 본 실시예에는, 멤브레인(4)을 지지하는 프레임(6)이 있다. 회절 요소들(1a-d)은 적어도 부분적으로 투명한 기관(3)에 의해 지지된다. 2개 이상의 회절 요소들이 있을 수 있다 (도면에서는 4개가 있다). 회절 요소들(1a-d)이 위치되는 기관(3)에 리세스(recess)를 형성함으로써 1a-d와 2의 높이가 달라진다.

[0078] 회절 요소들(1a-d)은 동일한 반사 표면(2) 하부에 놓이고, 반사 표면에 대한 이들의 높이는 항상 거의 일정한 높이 오프셋만큼만 서로 달라야 한다. (이때, 거의 일정한 높이 오프셋은 회절 요소마다 다르다). 이는 다음과 같이 구현될 수 있다.

[0079] 1. US2005/0018541에서와 같이 서로 다른 광학 축을 갖는 속 회절 렌즈들로서, 각각 검출기들이 위치될 수 있는 서로 다른 위치에서 회절된 지점을 집중시킨다.

[0080] 2. US2004/0130728 및 US2006/0192976에서와 같은 비집속 그레이팅들로서, 각각의 그레이팅 요소로부터의 회절은 그레이팅 요소가 동일한 장소에 위치되지 않았고 및/또는 그레이팅 선들의 방향이 다르다는 사실에 의해 분리된다. 몇몇 검출기에 회절되거나 반사된 빛을 집중시키기 위해 추가적인 렌즈를 사용할 수 있다.

[0081] 관독 원리는 다음과 같다: 회절 요소들(1a-d)과 반사 표면(2) 사이의 거리가 변하면, 회절 요소들(1a-d)의 회절 효율이 변조된다. 변조된 신호들은 장치에 가령 VCSEL 등의 협대역 광원(7)을 조사함으로써 생성될 수 있다 (도 4 참조). 그런 다음, 몇몇 광검출기들(8a-d)은 회절 요소들에 의해 반사되거나 회절된 빛을 측정한다. 이 신호들은 회절 요소들(1a-d)과 반사 표면(2) 사이의 거리에 대한 유사한 의존도를 갖고 있으나, 위상/높이 오프셋을 갖는다 (이때 오프셋은 회절 요소들(1a-d)과 반사 표면(2) 사이의 거리에 대해 상대적이다).

[0082] 광검출기들로부터의 전기 신호들은, 회절 요소들(1a-d)과 반사 표면(2) 사이의 거리가 몇몇 파장들의 다이내믹 레인지 상에서 도출되도록 처리된다. 이를 달성하기 위해, 높이 오프셋을 갖는 2개 이상의 회절 요소들이 있어야 한다.

[0083] 상술한 것과 유사한 장치가 도 5에 도시되어 있는데, 여기서는 광원이 회절 요소들(1a-d) 및 반사 표면(2)의 평

면에 비해 경사져 있다. 이는 광원으로 반사되어 되돌아가는 빛의 양을 줄이기 위해서이다. 레이저 다이오드에 반사되어 되돌아가는 빛은 광원 노이즈를 증가시킬 것이다.

- [0084] 상술한 바와 같이, 반사 표면에 대한 회절 요소들의 높이는 항상 각각의 회절 요소에 고유한 일정한 만큼만 달라야 한다. 실제로는, 이는 회절 요소들을 반사 표면 아래에서 서로 가깝게 배치함으로써 달성될 수 있다. 벤딩 멤브레인의 경우, 적합한 위치는 곡률이 최소인 멤브레인의 중앙이 될 것이다. 도 3에서, 회절 요소들은 나란히 있는 것으로 도시되어 있지만, 그 대신 반사 표면 아래의 원형 영역에 배치될 수도 있다. 3개의 회절 요소들에 관한 2개의 예들이 도 6과 도 7에 도시되어 있다.
- [0085] 도 6a-c에는, 3개의 서로 다른 회절 요소들이 반사 표면 아래의 원형 영역에 배치된, 축에서 벗어난 실시 예가 도시되어 있다. 3개의 서로 다른 회절 요소들(11, 12, 13)의 위치가 도 6a에 도시되어 있다. 도 6b에서는 반사 선들이 도시된, 중심(21, 22, 23)을 갖는 집속 회절 요소들이 도시되어 있다. 도 6c에서는 또한 회절 요소들의 조사를 위한 광원의 위치(10), 및 3개의 회절 요소들에 의해 회절되고 집속된 빛을 측정하는 3개의 검출기들의 위치(31, 32, 33)를 도시하고 있다. 광원과 3개의 검출기들은 회절 요소들 아래에 위치된 평면에 위치되고, 그 상대적인 위치들은 상호 위치들 뿐만 아니라 렌즈들의 반사 특성들에 따라 선택된다.
- [0086] 원형 영역상에서의 3개 렌즈들의 분포는 3개 회절 요소들로부터의 반사에 있어서 본질적으로 동일한 효율을 제공하도록 선택된다.
- [0087] 도 7에서는 도 6에 도시된 것과 유사한 축상의 실시 예를 도시하고 있는데, 단 광원이 중심에 배치되고, 이에 따라 3개의 동일한 크기의 원형 섹션들(11a, 12a, 13a) 각각에 회절 요소들이 제공되어 있다. 집속 회절 요소들을 사용하는 경우, 회절 요소들의 중심 영역(21, 22, 23)들을 불투명하게(24) 구성함으로써 이 경우에는 회절되고 집속된 빛을 측정하는 검출기들에 빛이 반사되지 않도록 하는 것이 유용할 수 있다. 마찬가지로, 광원에 다시 반사되어 되돌아가는 빛의 양을 최소화하기 위해 광원 상부의 영역을 불투명하거나 식각(20) 처리하는 것이 유용할 수 있다. 이는 도 8과 도 9에 도시되어 있다.
- [0088] 도 8: 빛이 회절 요소들의 중심 영역으로부터 0번째 회절 차순 안 및 회절되고 집속된 빛을 측정하는 검출기들로 반사되도록 집속 회절 요소의 중심 영역을 불투명하거나 곡선형으로 구성한 것을 도시.
- [0089] 도 9: 도 8와 유사하나 축상의 구현된 실시 예를 도시.
- [0090] 반사 표면 상에 리세스를 갖는 실시 예. 대안적인 실시 예로, 도 10에 도시된 바와 같이, 회절 요소들(1a-d)을 평면에 배치하고 리세스(2a-d)들을 반사 표면 상에 구현할 수 있다. 이때, 회절 요소는 2개 이상일 수 있다.
- [0091] 도 11과 도 12에서는, 광원과 검출기들이 광학 섬유를 통해 제공되는데, 이때 종래 알려진 방식에 따라, 광학 섬유는 빛을 회절 요소들(1a-d)을 향해 전달한다. 이 빛의 스펙트럼 범위는 선택될 수 있고, 회절 요소들에는 집속 특성들이 제공됨으로써 빛을 광학 섬유를 향해 다시 집속시킬 수 있고, 광학 섬유에 의해 전달 받은 빛의 파장은 집속 회절 요소의 특성을 나타낼 수 있다. 회절 요소들의 특성들이 알려져 있기 때문에, 반사 표면(2)에 대한 회절 요소들의 위치도 알 수 있고, 상대적인 변위도 알 수 있다. 이는 도 11 내지 도 12에 도시되어 있는데, 도 11에서는 제1 회절 요소(1a)가 섬유 단부를 향해 집속하는 한편, 도 12에서는 제4 회절 요소가 섬유 단부를 향해 집속하고 있다.
- [0092] 본 발명을 요약해보면, 본 발명은 광변위 센서에 관한 것으로, 적어도 부분적으로 반사 특성을 띠는 제1 표면과 적어도 2개의 회절 패턴을 갖는 제2 표면을 포함하고, 상기 패턴들은 상기 제1 표면으로부터 서로 다른 거리로 이격되고 및/또는 기설정된 방향들로 서로 다른 파장의 빛을 유도한다. 회절 패턴들은 서로 다른 회절 차순(0번째 회절 차순, 즉 반사를 포함)으로 빛을 유도하고, 몇몇 회절 차순들의 강도를 측정하여 서로 다른 신호를 생성할 수 있다. 본 발명은 적어도 2개의 회절 패턴에 의해 생성되는 적어도 2개의 신호를 필요로 한다. 이 신호들은 2개의 표면들 사이의 거리가 $ca. \lambda/8$ 보다 큰 범위로 달라지지 않는다는 요건을 완화할 수 있는 위상 오프셋을 가져야 한다. 이 신호들은 또한 아래 조건 중 하나 이상을 가능하게 할 수 있다.
- [0093] - 센서의 다이내믹 레인지를 $ca. \lambda/8$ 에서 수 λ 로 증대
- [0094] - 조도의 변동 취소
- [0095] US2005/0018541에서는 조도에 있어서의 변동을 취소하기 위해 2개의 서로 다른 높이의 2개의 회절 요소들이 180° 위상 오프셋을 갖는 두 개의 신호를 생성하는 "차동 마이크로폰"의 구현에 대해 기재하고 있다. 그러나, 이 2개의 신호들은 2개 표면 사이의 거리가 $ca. \lambda/8$ 이상으로 달라지지 않는다는 요건을 완화하지 못한다.

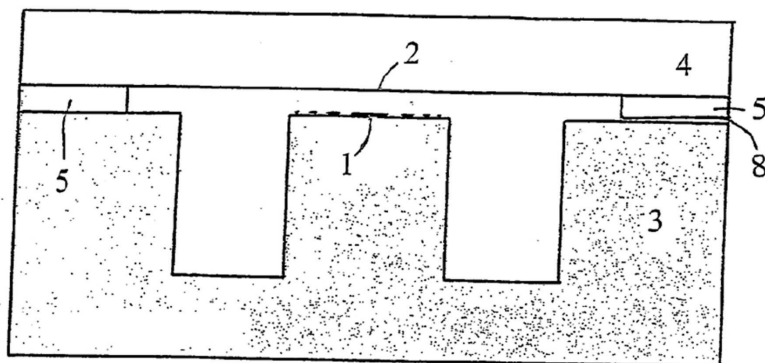
- [0096] 본 발명의 바람직한 일 실시예에 따르면, 적어도 부분적으로 반사 특성을 갖는 제1 표면과 적어도 2개의 회절 패턴을 갖는 제2 표면을 포함하는 광변위 센서에 관한 것으로, 여기서 상기 표면들은 서로 간에 거리가 가변적인 요소들에 제공되고, 각 쌍은 부분적으로 반사 특성을 갖는 표면과 회절 패턴을 구성하여 그 사이에 공동(cavity)을 형성한다.
- [0097] 상기 센서는 또한 상기 공동들 안으로 적어도 하나의 선택된 파장 범위의 빛을 전달하는 적어도 하나의 광원, 및 상기 공동들로부터 빛을 전달받는 적어도 하나의 광 검출기를 포함하고, 각 쌍은 상기 범위 내에서 선택된 파장에서 최대 회절 효율을 제공하도록 구성되고, 상기 회절 패턴들은 상기 회절 표면들에 대해 알려진 위치에 제공된 적어도 하나의 검출기를 향해 적어도 하나의 회절 차순으로 빛을 유도하도록 구성되고, 상기 검출기는 각 쌍에 대응되는 회절 효율 위상을 측정하도록 구성된다.
- [0098] 회절 패턴들과 선택된 회절 차순들 사이의 높이 또는 공동 거리 차이는 광 검출기들 상의 생성된 신호들이 서로에 대해 결정된 위상 오프셋을 갖도록 선택된다. 그런 다음, 신호들은 광원의 강도와 상관없고, 광원의 파장의 ca. 1/8 보다 긴 작동 범위에서 높은 감도와 선형도를 갖는 2개 표면들 사이의 거리에 대한 측정치를 제공하도록 처리될 수 있다.
- [0099] 빛의 강도 변수의 영향을 줄일 수 있고 넓은 다이내믹 레인지를 제공하는 제1 바람직한 일 실시예는 선택된 파장에서 각각 0°, 120° 및 240° 위상 오프셋을 갖는 측정된 회절된 빛을 제공하는 공동 길이를 갖는 3쌍 및 3개의 회절 패턴들을 포함할 수 있다.
- [0100] 또는, 본 발명은 공동 길이를 갖는 2쌍 및 2개의 회절 패턴들을 포함한다. 이 경우, 제1 회절 패턴은 제1 패턴으로부터 회절되고 반사된 신호 사이에 각각 0° 및 180° 위상 오프셋을 제공한다. 제2 회절 패턴은 회절되고 반사되고 선택된 파장 사이에 90° 및 270° 위상 오프셋들을 제공하도록 선택된다.
- [0101] 센서는 상기 공동들 안으로 적어도 하나의 선택된 파장 범위의 빛을 전송하는 적어도 하나의 광원을 포함하고 공동들로부터 빛을 전달받기 위한 적어도 하나의 검출기도 포함된다.
- [0102] 회절 패턴들은 상기 회절 표면들에 대해 알려진 위치에 제공된 적어도 하나의 검출기를 향해 빛을 유도하도록 구성된다. 각각의 공동과 회절 패턴은 몇몇의 검출기들, 즉 패턴의 서로 다른 회절 차순에 대해 위치된 몇몇의 검출기들로 빛을 전송할 수 있다.
- [0103] 회절 패턴들을 각각의 센서들을 향해 빛을 집중시킴으로써 센서의 효율성과 감도를 증가시키는 회절 렌즈들일 수 있다.
- [0104] 회절 렌즈들은 패턴 평면에서 빔 중심에 대해 이동되는 광학 축을 갖는 원형 패턴들에 의해 구성될 수 있고, 이에 따라, 검출기나 광학 섬유와 같은 그 외 빛 샘플러가 위치될 수 있는 빔 중심에 대해 방사 방향으로 이동되는 초점 지점을 가질 수 있다.
- [0105] 각각의 회절 렌즈의 중심 영역은 표면 처리가 됨으로써 광원에서 검출기로의 직접 반사를 방지하고, 이에 따라 선택된 파장 범위 내의 빛만 검출기를 향해 집중되도록 한다. 상기 표면들은 또한 광원으로 직접 반사되는 것을 막는 다른 처리가 될 수도 있다.
- [0106] 공동들 사이의 공동 길이의 차이는 상기 그레이팅들로부터 유도된 빛 사이에 선택된 위상 차이를 제공하도록 선택될 수 있다.
- [0107] 광원에서 전달받은 빛의 빔 너비는 회절 부분들과 공동들 영역에 우선적으로 비견되는 특정 영역을 커버하도록 선택될 수 있다. 이에 따라, 빔 단면상의 공동 크기는 빔 내 본질적으로 동일한 영역을 커버함으로써 공동들이 동일한 양의 빛을 전달받도록 한다. 공동들과 회절 패턴들의 형태 또한 이러한 목적으로 선택될 수 있다.
- [0108] 일 실시예에 따르면, 광원은 상기 반사 영역과 동축을 중심으로 위치되며, 상기 공동들과 검출기들은 상기 축을 중심으로 분포되며, 여기서 공동들은 상기 축을 중심으로 동일한 크기의 단면들을 구성한다.
- [0109] 또는, 상기 광원은 공동들이 본질적으로 동일한 영역들 및 상기 중심의 중심으로부터의 거리에 대해 주변의 단면들을 커버하는 상기 축 바깥에 위치될 수 있다. 이들의 형태는 동일한 양의 빛 강도를 전달받도록 산출된다.
- [0110] 광원은 선택된 파장 범위에서 조사할 수 있는 임의의 광원일 수 있으며, 적어도 하나의 광학 섬유를 통해 공동들을 향해 전송될 수 있다. 일 실시예에 따르면, 광원은 몇몇의 선택된 파장들에서 빛을 전송하며, 여기서 각각의 회절 패턴은 적어도 하나의 검출기에 연결되는 하나 이상의 수신 측 광학 섬유들을 향해 선택된 파장들 중

하나의 빛을 유도한다.

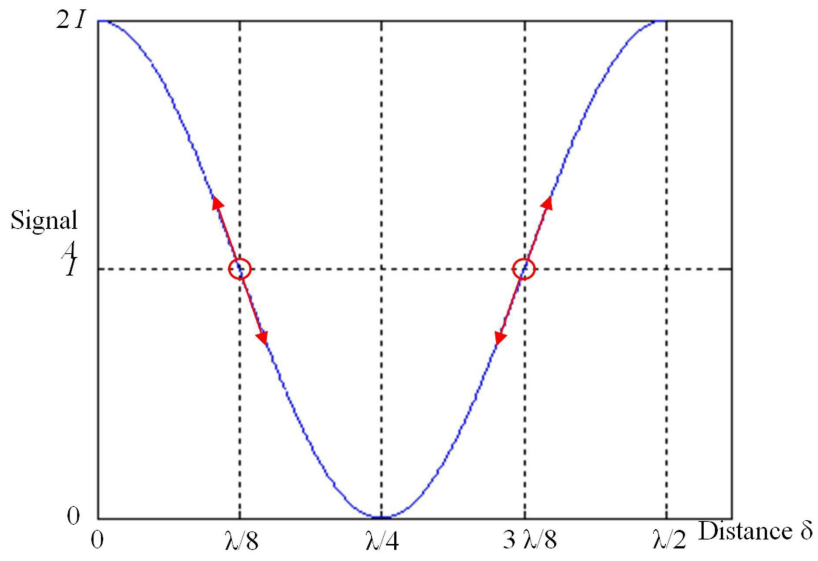
- [0111] 광원은 또한 몇몇의 선택된 파장에서 빛을 전달하는 광학 섬유를 통해 공동들에 빛을 조사하도록 선택될 수 있다. 여기서, 동일한 광학 섬유를 향해 빛을 다시 유도하는 각각의 회절 패턴은 가령 빔 스플리터 등을 통해 하나 이상의 검출기들로 신호를 전송하도록 마련된다.
- [0112] 따라서, 광학 섬유를 전혀 포함하지 않거나, 하나의 섬유를 내부나 외부에 포함하거나, 빛의 조사를 위한 하나의 섬유를 포함하고 빛을 전달받고 검출기로 전송하기 위한 몇 개의 섬유를 포함하거나, 몇 개는 내부에 몇 개는 외부에 포함하는 등 몇 가지 옵션이 가능하고, 이 때 가령 입력 신호는 다중 신호일 수 있다. 앞서 언급한 바와 같이, 입출력에 동일한 섬유 또는 섬유들이 사용될 수 있다.
- [0113] 또한, 조사하는 섬유 사이에는 분산 요소를 사용할 수 있고, 회절 패턴들은 서로 다른 회절 패턴들로 서로 다른 파장들을 유도한다. 이에 따라, 선택된 모든 파장들로 모든 공동들에 빛을 조사하는 것 대신, 섬유 출력과 공동들 사이에 분산 요소를 사용함으로써, 각각의 파장이 해당 공동으로 유도되고 다시 섬유(들)로 유도되도록 할 수 있다.
- [0114] 바람직하게는, 공동들은 서로 다른 공동 길이를 규정함으로써, 가령, 회절 패턴들에 의해 분리된 파장들에 의해 획득된 분리를 증가시킬 수 있다.
- [0115] 공동들은, 적용 분야 및 제공 가능한 광원, 회절 패턴들 및 검출기들에 따라 임의의 선택된 파장 범위 또는 많은 범위 내로 선택된 빛에 의해 조사될 수 있다. 모든 공동들은 완전한 범위들로 조사될 수 있고, 또는 가령 공동 길이와 패턴 특성들에 따라 서로 다른 공동들을 향해 서로 다른 파장들이 선택적으로 전달된다.
- [0116] 상술한 바와 같이, 본 발명은 센서의 반사 표면들 사이의 이동 범위를 포함하는 광범위한 다이내믹 레인지를 획득하기 위한 수단을 제공하는 것으로, 여기서 상기 다이내믹 레인지는 반사 표면들 및 관련 공동들 및 회절 패턴들로 조사되기 위한 빛의 몇몇 파장들을 포함한다. 이는, 감도를 유지하면서 표면들 사이의 크고 작은 변위 사이에 증가된 다이내믹 레인지를 제공하는 마이크로폰들에 사용될 수 있다.

도면

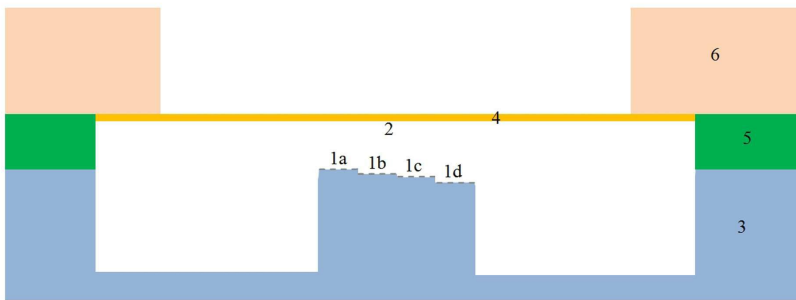
도면1



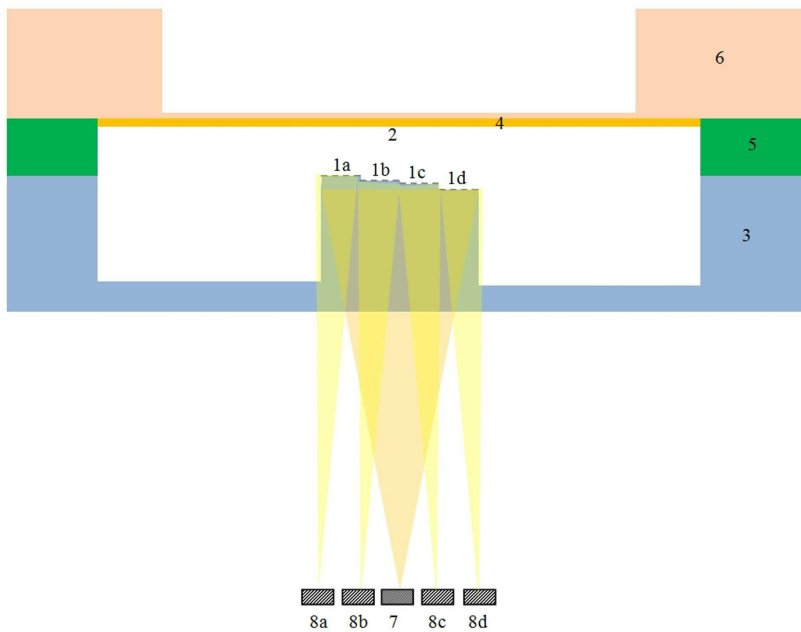
도면2



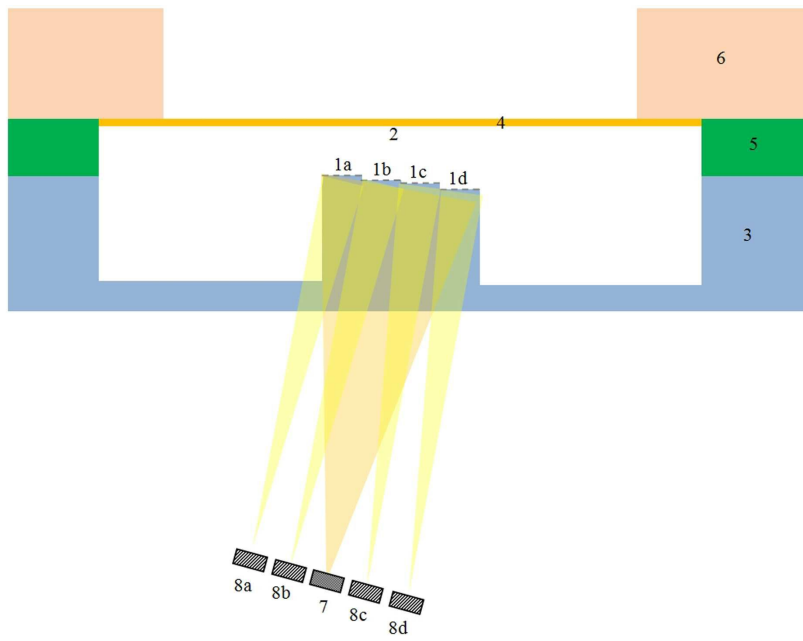
도면3



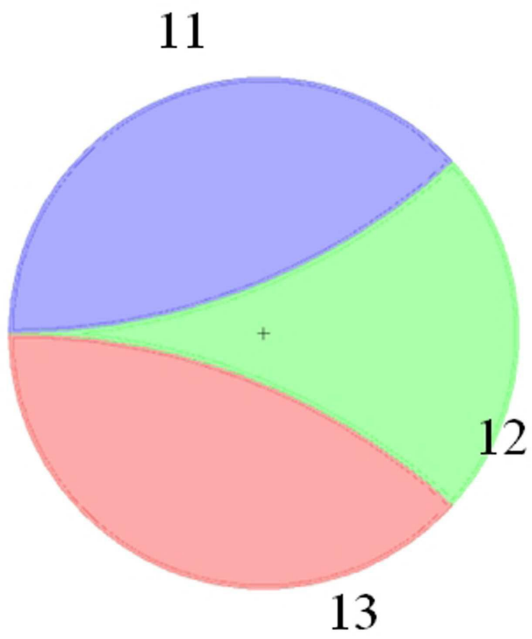
도면4



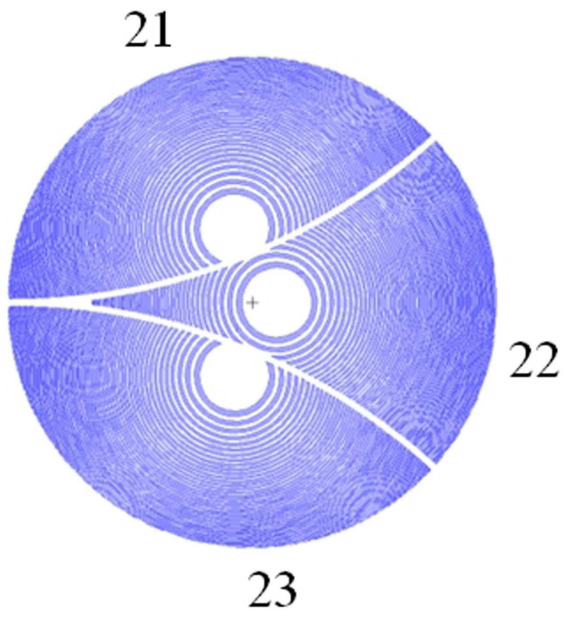
도면5



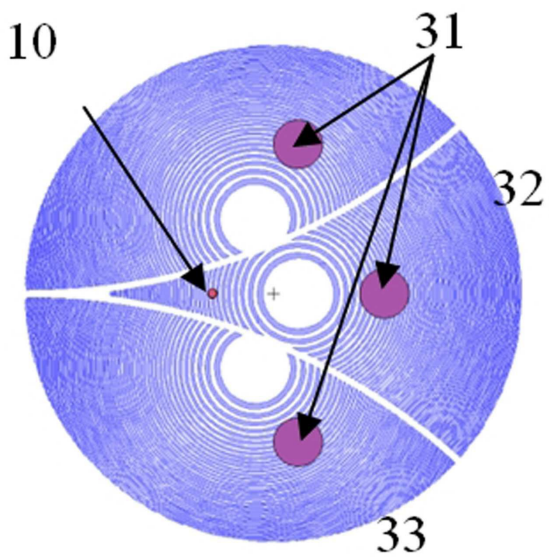
도면6a



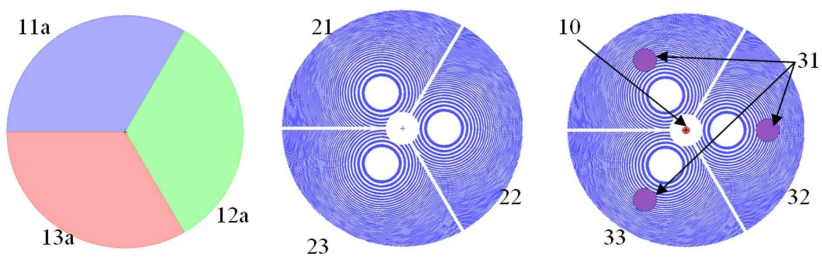
도면6b



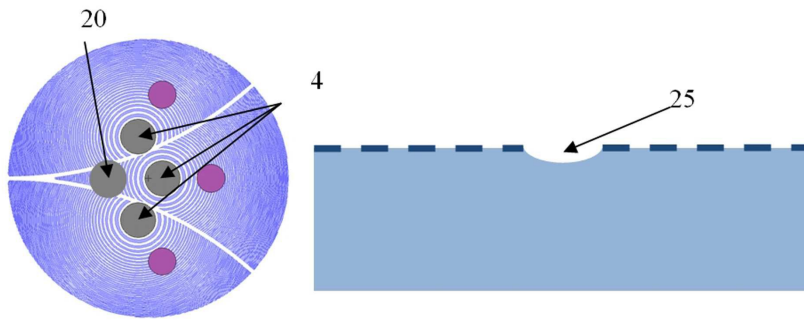
도면6c



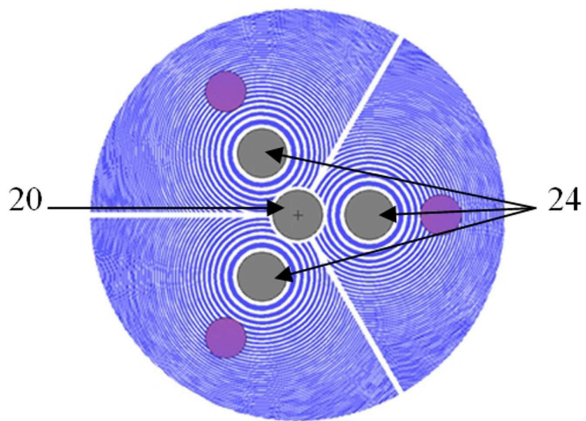
도면7



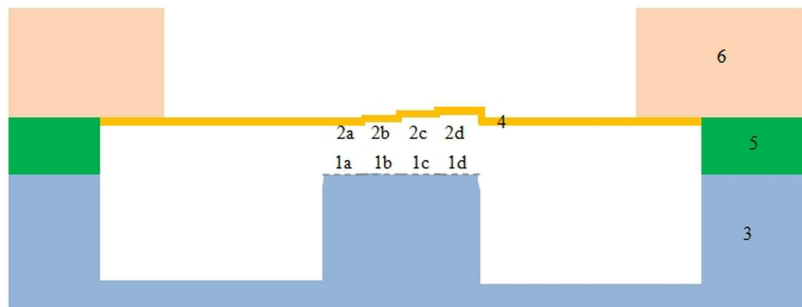
도면8



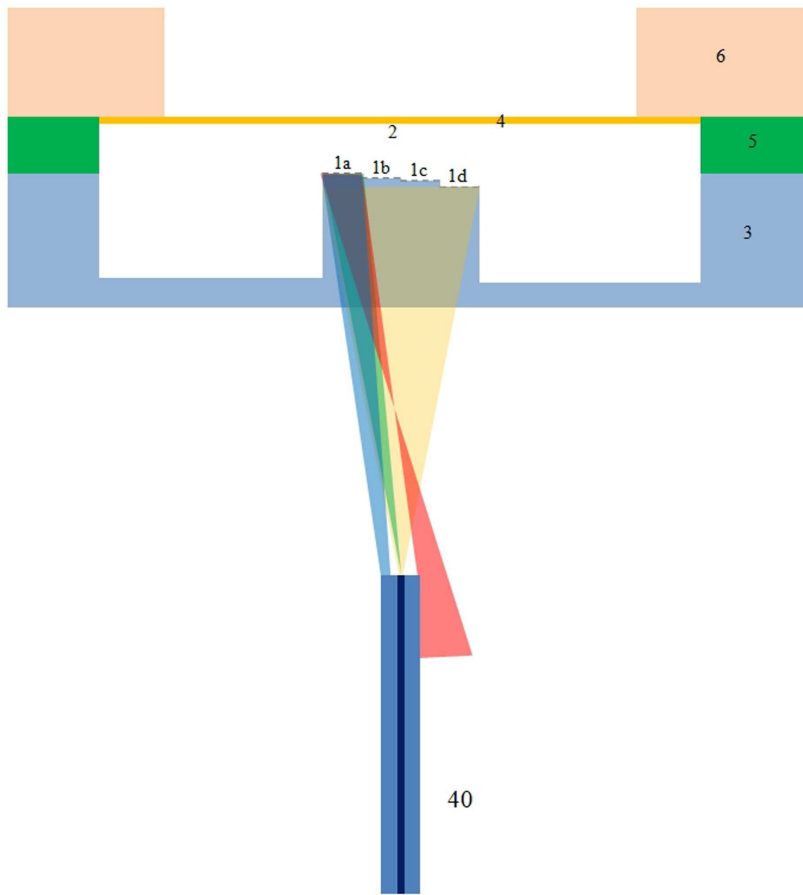
도면9



도면10



도면11



도면12

