(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2023-0119671
(43) 공개일자 2023년08월16일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01B 9/02097 (2022.01) *G01D 5/38* (2006.01)
H04R 23/00 (2006.01)
(52) CPC특허분류
G01B 9/02097 (2022.01)
G01D 5/38 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2023-7022978
(22) 출원일자(국제) 2021년12월14일
심사청구일자 없음
(85) 번역문제출일자 2023년07월06일
(86) 국제출원번호 PCT/GB2021/053291
(87) 국제공개번호 WO 2022/129893
국제공개일자 2022년06월23일
(30) 우선권주장
2019714.1 2020년12월14일 영국(GB)

(71) 출원인
센시벨 에이에스
노르웨이 0349 오슬로 가우스타달렌 21 오슬로 싸이언스 파크 스타트업 랩
(72) 발명자
사그베르그, 하콘
노르웨이, 0875 오슬로, 노르드베르그베이엔 23
라콜레, 마티외
노르웨이, 1397 네세야, 미르베이엔 22에이
(74) 대리인
양기혁

전체 청구항 수 : 총 26 항

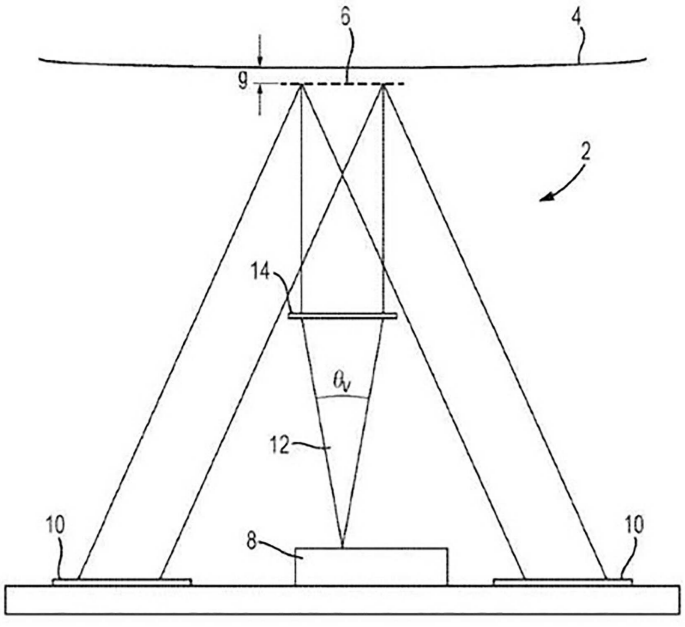
(54) 발명의 명칭 **광학 변위 센서**

(57) 요 약

광학 변위 센서(2)는 반사 표면(4), 및 - 반사 표면과 함께, 각각 각 간섭 측정 배열체를 규정하는 - 하나 이상의 회절 격자(6)를 포함한다. 반사 표면(4)은 회절 격자(들)(6)에 대해 이동 가능하거나 그 반대로 이동 가능하다. 광원(8)으로부터의 광이 간섭 측정 배열체(들)를 통해 전파되어, 광 검출기들의 각 세트(10)에서 간섭 패

(뒷면에 계속)

대 표 도 - 도1



턴을 생성한다. 각 간섭 패턴은 반사 표면(4)과 각 격자(6) 간의 분리에 종속한다. 시준 광학 배열체(14)가 광원(8)과 회절 격자(들)(6) 사이에서 광을 적어도 부분적으로 시준한다. 간섭 측정 배열체 또는 각 간섭 측정 배열체에 대해, 반사 표면(4) 또는 회절 격자(6)가 제로 변위 위치에 있을 때, 회절 격자(6)와 반사 표면(4) 사이에서 전파되는 광의 광학 경로 길이(L)는 j의 20% 이내로 다음의 관계식을 만족시키며: 여기서 n은 정수이며; T_z는 다음에 의해 정의되는 탤벗(Talbot) 길이이며: 여기서 λ는 광의 파장이고, 여기서 p는 각 회전 격자(6)의 격자 주기이다. 대안적으로, L은 p의 20% 이내로 다음을 만족시킬 수 있으며: 여기서 m은 홀수 정수이다. 추가적으로 또는 대안적으로, 광학 변위 센서(34; 112)는 두 개 이상의 회절 격자들(44, 46; 116)을 포함할 수 있고, 빔 분리 배열체(48; 126) 또는 복수의 광원 요소들을 사용하여 각 격자(44, 46; 116)에 각 개별 광 빔(62, 64; 132)을 제공하도록 구성될 수 있다.

(52) CPC특허분류
H04R 23/008 (2013.01)
G01B 2290/30 (2013.01)

명 세 서

청구범위

청구항 1

광학 변위 센서로서,

반사 표면;

상기 반사 표면으로부터 이격된 하나 이상의 회절 격자 – 상기 회절 격자 또는 각 회절 격자는 상기 반사 표면과 함께 각 간섭 측정 배열체를 규정하고, i) 상기 반사 표면 또는 ii) 상기 회절 격자 또는 각 회절 격자 중, 어느 하나가 다른 하나에 대해 이동 가능함 –;

각 간섭 측정 배열체에 대해, 상기 광의 제1 부분이 상기 간섭 측정 배열체를 통해 제1 광학 경로를 따라 전파하고 상기 광의 제2 부분이 상기 간섭 측정 배열체를 통해 상이한 제2 광학 경로를 따라 전파함으로써, 상기 간섭 측정 배열체의 상기 반사 표면과 상기 회절 격자 사이의 분리에 종속하는 상기 제1 광학 경로와 상기 제2 광학 경로 사이의 광학 경로 차가 생기게 하도록, 상기 간섭 측정 배열체(들)에 광을 제공하도록 배열된 광원; 및

각 간섭 측정 배열체에 대해, 상기 광학 경로 차에 종속하여 상기 광의 상기 제1 부분 및 상기 제2 부분에 의해 발생되는 간섭 패턴의 적어도 일부를 검출하도록 배열된 하나 이상의 광 검출기(들)의 각 세트;

상기 광원과 상기 회절 격자(들) 사이에서 상기 광을 적어도 부분적으로 시준(collimate)하도록 배열된 시준 광학 배열체를 포함하되,

상기 간섭 측정 배열체 또는 각 간섭 측정 배열체에 대해, 상기 반사 표면 또는 상기 회절 격자가 제로 변위 위치에 있을 때, 상기 회절 격자는 상기 광의 상기 제1 부분 각각이 상기 회절 격자와 상기 반사 표면 사이에서 광학 경로 길이(L)를 따라 이동하도록 상기 반사 표면으로부터 일정 거리만큼 이격되되,

상기 회절 격자 또는 각 회절 격자는 상기 간섭 측정 배열체 또는 각 간섭 측정 배열체에 대해, 격자 주기(p) 및 상기 광학 경로 길이(L)가 $\frac{T_z}{2}$의 20% 이내로 다음의 관계를 만족시키도록 하는 상기 격자 주기(p)를 갖는 주기적 회절 격자를 포함하며:

$$L = \frac{T_z n}{2},$$

여기서 n은 정수이며;

여기서 T_z는 다음에 의해 정의되는 탤벗(Talbot) 길이이며:

$$T_z = \frac{\lambda}{1-\sqrt{1-\frac{\lambda^2}{p^2}}},$$

여기서 λ는 상기 광의 파장인, 광학 변위 센서.

청구항 2

제1항에 있어서, 적어도 두 개의 회절 격자들을 포함하는, 광학 변위 센서.

청구항 3

제2항에 있어서, 상기 광학 경로 길이(L)는 각 회절 격자에 대해 상이한 것인, 광학 변위 센서.

청구항 4

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 제로 변위 위치에서, 상기 반사 표면은 상기 회절 격자 또는 각 회절 격자로부터 적어도 15 ㎛의 수직 거리만큼 분리되는 것인, 광학 변위 센서.

청구항 5

제1항 내지 제4항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 광학 변위 센서는 두 개 이상의 회절 격자들을 포함하고; 그리고

a) 각 회절 격자는 각 격자 라인 방향으로 연장되는 평행한 격자 라인들의 세트를 포함하고, 상기 회절 격자들의 세트 내의 각 회절 격자의 격자 라인 방향은 상기 세트 내의 각 다른 회절 격자의 격자 라인 방향과 상이하고/하거나;

b) 상기 광학 변위 센서는 상기 광을 두 개 이상의 빔들로 분리하도록 배열된 빔 분리 광학 배열체를 포함하되, 상기 두 개 이상의 빔들 각각은 상기 회절 격자들의 각 회절 격자 상으로 지향되는 것인, 광학 변위 센서.

청구항 6

제1항 내지 제4항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 광학 변위 센서는 두 개 이상의 회절 격자들을 포함하고; 상기 광원은 상기 광이 복수의 광 빔들로서 제공되도록 복수의 광원 요소들을 포함하되, 각 광원 요소는 상기 빔들의 각 빔을 제공하고, 광의 각 빔은 상기 회절 격자들의 각 회절 격자 상으로 지향되는 것인, 광학 변위 센서.

청구항 7

광학 변위 센서로서,

반사 표면;

상기 반사 표면으로부터 이격된 두 개 이상의 회절 격자 – 각 회절 격자는 상기 반사 표면과 함께 각 간섭 측정 배열체를 규정하고, i) 상기 반사 표면 또는 ii) 상기 회절 격자들 중, 어느 하나가 다른 하나에 대해 이동 가능함 –;

각 간섭 측정 배열체에 대해, 상기 광의 제1 부분이 상기 간섭 측정 배열체를 통해 제1 광학 경로를 따라 전파하고 상기 광의 제2 부분이 상기 간섭 측정 배열체를 통해 상이한 제2 광학 경로를 따라 전파함으로써, 상기 간섭 측정 배열체의 상기 반사 표면과 상기 회절 격자 사이의 분리에 종속하는 상기 제1 광학 경로와 상기 제2 광학 경로 사이의 광학 경로 차가 생기게 하도록, 상기 간섭 측정 배열체들에 광을 제공하도록 배열된 광원; 및

각 간섭 측정 배열체에 대해, 상기 광학 경로 차에 종속하여 상기 광의 상기 제1 부분 및 상기 제2 부분에 의해 발생되는 간섭 패턴의 적어도 일부를 검출하도록 배열된 하나 이상의 광 검출기(들)의 각 세트;

상기 광원과 상기 회절 격자(들) 사이에서 상기 광을 적어도 부분적으로 시준하도록 배열된 시준 광학 배열체를 포함하되,

그리고:

b) 각 회절 격자는 각 격자 라인 방향으로 연장되는 평행한 격자 라인들의 세트를 포함하고, 상기 회절 격자들의 세트 내의 각 회절 격자의 격자 라인 방향은 상기 세트 내의 각 다른 회절 격자의 격자 라인 방향과 상이하고/하거나;

b) 상기 광학 변위 센서는 상기 광을 두 개 이상의 빔들로 분리하도록 배열된 빔 분리 광학 배열체를 포함하되, 상기 두 개 이상의 빔들 각각은 상기 회절 격자들의 각 회절 격자 상으로 지향되는 것인, 광학 변위 센서.

청구항 8

제5항 또는 제7항에 있어서, 상기 시준 광학 배열체와 상기 빔 분리 광학 배열체는 상기 광을 적어도 부분적으로 시준하는 기능과 상기 광을 두 개 이상의 빔들로 분리하는 기능 둘 모두를 수행하는 단일 구성요소로서 형성되는 것인, 광학 변위 센서.

청구항 9

광학 변위 센서로서,

반사 표면;

상기 반사 표면으로부터 이격된 두 개 이상의 회절 격자 – 각 회절 격자는 상기 반사 표면과 함께 각 간섭 측

정 배열체를 규정하고, i) 상기 반사 표면 또는 ii) 상기 회절 격자들 중, 어느 하나가 다른 하나에 대해 이동 가능함 -;

각 간섭 측정 배열체에 대해, 상기 광의 제1 부분이 상기 간섭 측정 배열체를 통해 제1 광학 경로를 따라 전파하고 상기 광의 제2 부분이 상기 간섭 측정 배열체를 통해 상이한 제2 광학 경로를 따라 전파함으로써, 상기 간섭 측정 배열체의 상기 반사 표면과 상기 회절 격자 사이의 분리에 종속하는 상기 제1 광학 경로와 상기 제2 광학 경로 사이의 광학 경로 차가 생기게 하도록, 상기 간섭 측정 배열체들에 광을 제공하도록 배열된 광원; 및

각 간섭 측정 배열체에 대해, 상기 광학 경로 차에 종속하여 상기 광의 상기 제1 부분 및 상기 제2 부분에 의해 발생되는 간섭 패턴의 적어도 일부를 검출하도록 배열된 하나 이상의 광 검출기(들)의 각 세트;

상기 광원과 상기 회절 격자(들) 사이에서 상기 광을 적어도 부분적으로 시준하도록 배열된 시준 광학 배열체를 포함하되,

상기 광원은 상기 광이 복수의 광 빔들로서 제공되도록 복수의 광원 요소들을 포함하되, 각 광원 요소는 상기 빔들의 각 빔을 제공하고, 광의 각 빔은 상기 회절 격자들의 각 회절 격자 상으로 지향되는 것인, 광학 변위 센서.

청구항 10

제1항 내지 제9항 중 어느 한 항에 있어서, 각 회절 격자와 상기 반사 표면 사이에, 각 회절 격자에 대해 상이한 수직 광학 경로 길이가 존재하는 것인, 광학 변위 센서.

청구항 11

제1항 내지 제10항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 시준 광학 배열체는 렌즈를 포함하는 것인, 광학 변위 센서.

청구항 12

제1항 내지 제11항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 빔들은 상기 회절 격자들 상에 상기 각 회절 격자가 놓인 평면에 대한 법선에 대해 일정 각도로 충돌하는 것인, 광학 변위 센서.

청구항 13

제12항에 있어서, 각 빔의 전파 방향이 - i) 상기 빔이 충돌하는 상기 회절 격자의 상기 격자 라인 방향에 평행하고, ii) 상기 회절 격자가 놓인 평면에 수직하는 - 평면 내에 있는 것인, 광학 변위 센서.

청구항 14

제1항 내지 제13항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 광학 변위 센서는 두 개 이상의 회절 격자들을 포함하고, 그리고 빔 또는 각 빔이 그 각 회절 격자 상에 상기 각 회절 격자가 놓인 평면에 대한 법선에 대해 각 입사각으로 충돌하되, 상기 회절 격자들의 세트 내의 각 회절 격자에 대한 입사각은 상기 세트 내의 각 다른 회절 격자의 입사각과 상이한 것인, 광학 변위 센서.

청구항 15

제1항 내지 제14항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 광, 또는 상기 회절 격자들 상에 충돌하는 광의 빔의 빔 방향은 상기 회절 격자들의 표면에 수직하는 것인, 광학 변위 센서.

청구항 16

제1항 내지 제15항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 광학 변위 센서는 두 개 이상의 회절 격자들을 포함하고, 각 회절 격자는 상기 격자들 사이의 중심점으로부터 반경방향으로 연장되는 라인들의 세트의 라인을 따라 배향되는 것인, 광학 변위 센서.

청구항 17

제1항 내지 제16항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 광학 변위 센서는 N개의 격자들을 포함하되, 상기 회절 격자들이 서로에 대해 (360°)/N의 각도 또는 그 배수로 배향되는 것인, 광학 변위 센서.

청구항 18

제1항 내지 제17항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 간섭 측정 배열체 또는 각 간섭 측정 배열체는 동일한 격자 주기 및 동일한 격자 라인 방향을 갖고, 상기 반사 표면으로부터 동일한 광학 거리만큼 분리되는 회절 격자들의 쌍을 포함하여서, 상기 회절 격자들의 쌍이 함께, 상기 간섭 측정 배열체에 대응하는 하나 이상의 광 검출기의 동일한 세트 상으로 광을 지향시키도록 기능하는 것인, 광학 변위 센서.

청구항 19

제1항 내지 제18항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 회절 격자들은 회전 대칭 복합 회절 격자로 배열되는 것인, 광학 변위 센서.

청구항 20

제1항 내지 제19항 중 어느 한 항에 있어서, 각 간섭 측정 배열체에 대한 상기 제1 광 부분 및 상기 제2 광 부분을 상기 간섭 측정 배열체에 대해 제공된 각 광 검출기(들) 상으로 지향시키도록 배열된 빔 조향 광학 배열체를 더 포함하는, 광학 변위 센서.

청구항 21

제20항에 있어서, 상기 빔 분리 광학 배열체와 상기 빔 조향 광학 배열체는 공통의 기판 상에 제공되는 것인, 광학 변위 센서.

청구항 22

제1항 내지 제21항 중 어느 한 항에 있어서, 하나 이상의 광 검출기의 각 세트는 두 개의 광 검출기들을 포함하고, 상기 광 검출기들은 +1차 회절 차수가 상기 광 검출기들 중 제1 광 검출기 상에 충돌하고 -1차 회절 차수가 상기 광 검출기들 중 제2 광 검출기 상에 충돌하도록 배열되는 것인, 광학 변위 센서.

청구항 23

제1항 내지 제22항 중 어느 한 항에 있어서, 하나 이상의 광 검출기의 각 세트는 세 개의 광 검출기들을 포함하고, 상기 광 검출기들은 +1차 회절 차수가 상기 광 검출기들 중 제1 광 검출기 상에 충돌하고, 0차 회절 차수가 상기 광 검출기들 중 제2 광 검출기 상에 충돌하고, -1차 회절 차수가 상기 광 검출기들 중 제3 광 검출기 상에 충돌하도록 배열되는 것인, 광학 변위 센서.

청구항 24

제1항 내지 제23항 중 어느 한 항에 있어서, 멤브레인을 더 포함하되, 상기 반사 표면이 상기 멤브레인의 표면을 포함하거나 상기 멤브레인의 표면 상에 제공되는 것인, 광학 변위 센서.

청구항 25

제1항 내지 제24항 중 어느 한 항의 광학 변위 센서를 포함하는 광학 마이크로폰.

청구항 26

광학 변위 센서로서,

반사 표면;

상기 반사 표면으로부터 이격된 하나 이상의 회절 격자 – 상기 회절 격자 또는 각 회절 격자는 상기 반사 표면과 함께 각 간섭 측정 배열체를 규정하고, i) 상기 반사 표면 또는 ii) 상기 회절 격자 또는 각 회절 격자 중, 어느 하나가 다른 하나에 대해 이동 가능함 –;

각 간섭 측정 배열체에 대해, 상기 광의 제1 부분이 상기 간섭 측정 배열체를 통해 제1 광학 경로를 따라 전파하고 상기 광의 제2 부분이 상기 간섭 측정 배열체를 통해 상이한 제2 광학 경로를 따라 전파함으로써, 상기 간섭 측정 배열체의 상기 반사 표면과 상기 회절 격자 사이의 분리에 종속하는 상기 제1 광학 경로와 상기 제2 광학 경로 사이의 광학 경로 차가 생기게 하도록, 상기 간섭 측정 배열체(들)에 광을 제공하도록 배열된 광원; 및

각 간섭 측정 배열체에 대해, 상기 광학 경로 차에 종속하여 상기 광의 상기 제1 부분 및 상기 제2 부분에 의해 발생되는 간섭 패턴의 적어도 일부를 검출하도록 배열된 하나 이상의 광 검출기(들)의 각 세트;

상기 광원과 상기 회절 격자(들) 사이에서 상기 광을 적어도 부분적으로 시준하도록 배열된 시준 광학 배열체를 포함하되,

상기 간섭 측정 배열체 또는 각 간섭 측정 배열체에 대해, 상기 반사 표면 또는 상기 회절 격자가 제로 변위 위치에 있을 때, 상기 회절 격자는 상기 광의 상기 제1 부분 각각이 상기 회절 격자와 상기 반사 표면 사이에서 광학 경로 길이(L)를 따라 이동하도록 상기 반사 표면으로부터 일정 거리만큼 이격되되,

상기 회절 격자 또는 각 회절 격자는 상기 간섭 측정 배열체 또는 각 간섭 측정 배열체에 대해, 격자 주기(p) 및 상기 광학 경로 길이(L)가 $\frac{T_z}{4}$의 20% 이내로 다음의 관계를 만족시키도록 하는 상기 격자 주기(p)를 갖는 주기적 회절 격자를 포함하며:

$$L = \frac{T_z m}{4},$$

여기서 m은 홀수 정수이며;

여기서 T_z는 다음에 의해 정의되는 탤벗 길이이며:

$$T_z = \frac{\lambda}{1-\sqrt{1-\frac{\lambda^2}{p^2}}},$$

여기서 λ는 상기 광의 파장인, 광학 변위 센서.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 일반적으로 광학 변위 센서들에 관한 것이고, 특히, 전적으로는 아니지만, 광학 마이크로폰에 사용하기 위한 광학 변위 센서들에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 마이크로폰은, 전형적으로 주변 음향 진동에 반응하여 진동하는 이동 가능한 부재(예를 들어, 멤브레인)의 변위를 측정함으로써, 음파를 전기 신호로 변환하는 데 사용된다. 용량성 판독(보통 콘덴서 마이크로폰으로 불림) 및 정전기 또는 전자기 판독 메커니즘들(예를 들어, 동적 마이크로폰)을 포함하여, 이러한 이동 가능한 부재의 변위를 측정하는 다수의 방법들이 있다.

[0003] 마이크로폰 멤브레인의 위치를 판독하는 대안적인 방법은 광학 간섭 측정 판독을 사용하는 광학 변위 센서를 사용하는 것이다. 이러한 시스템들의 전형적인 예들에서, 회절 격자는 멤브레인에 인접한 기판 상에 제공되고, 광은 회절 격자 상으로 지향된다. 광의 제1 부분은 다시 격자로부터 반사된다. 제2 부분은 격자를 통해 투과되며, 이는 방사선을 회절시킨다. 회절된 방사선은 멤브레인 상에 충돌하며, 이는 방사선을 격자 상으로 반사시킨다. 방사선은 격자를 통과하고, 광의 두 부분들은 간섭되어, 검출기에 의해 검출될 수 있는 간섭 패턴을 생성한다. 간섭 패턴은 격자의 회절 차수들과 매칭되는 형상(즉, 공간 분포)을 갖지만, 이들 회절 차수들로 지향되는 광 강도는 광의 두 부분들의 상대적인 위상에 종속하고, 이에 따라 격자와 멤브레인 사이의 거리에 종속한다. 이에 따라, 멤브레인의 위치(그리고 이에 따라 이동)가 검출기에서의 광의 강도의 변화로부터 결정될 수 있다.

[0004] 이러한 광학 변위 센서들은 높은 신호 대 잡음비(signal to noise ratio, SNR) 및 높은 감도를 가지며, 이는 광학 마이크로폰 및 다른 적용예들에 사용하기에 유익하다. 그러나, 이러한 광학 변위 센서의 성능에 있어서의 추가 개선이 요구된다.

발명의 내용

[0005] 제1 양태로부터 고려해 볼 때, 본 발명은:

[0006] 반사 표면;

[0007] 반사 표면으로부터 이격된 하나 이상의 회절 격자 – 회절 격자 또는 각 회절 격자는 반사 표면과 함께 각 간섭 측정 배열체를 규정하고, i) 반사 표면 또는 ii) 회절 격자 또는 각 회절 격자 중, 어느 하나가 다른 하나에 대해 이동 가능함 –;

[0008] 각 간섭 측정 배열체에 대해, 상기 광의 제1 부분이 간섭 측정 배열체를 통해 제1 광학 경로를 따라 전파하고 상기 광의 제2 부분이 상기 간섭 측정 배열체를 통해 상이한 제2 광학 경로를 따라 전파함으로써, 간섭 측정 배열체의 반사 표면과 회절 격자 사이의 분리에 종속하는 제1 광학 경로와 제2 광학 경로 사이의 광학 경로 차가 생기게 하도록, 상기 간섭 측정 배열체(들)에 광을 제공하도록 배열된 광원; 및

[0009] 각 간섭 측정 배열체에 대해, 상기 광학 경로 차에 종속하여 광의 상기 제1 부분 및 제2 부분에 의해 발생되는 간섭 패턴의 적어도 일부를 검출하도록 배열된 하나 이상의 광 검출기(들)의 각 세트;

[0010] 광원과 회절 격자(들) 사이에서 광을 적어도 부분적으로 시준(collimate)하도록 배열된 시준 광학 배열체를 포함하되,

[0011] 간섭 측정 배열체 또는 각 간섭 측정 배열체에 대해, 반사 표면 또는 회절 격자가 제로 변위 위치에 있을 때, 회절 격자는 광의 제1 부분 각각이 회절 격자와 반사 표면 사이에서 광학 경로 길이(L)를 따라 이동하도록 반사 표면으로부터 일정 거리만큼 이격되되,

[0012] 회절 격자 또는 각 회절 격자는 간섭 측정 배열체 또는 각 간섭 측정 배열체에 대해, 격자 주기(p) 및 광학 경로 길이(L)가 $\frac{T_z}{2}$의 20% 이내로 다음의 관계를 만족시키도록 하는 격자 주기(p)를 갖는 주기적 회절 격자를 포함하며:

[0013] $$L = \frac{T_z n}{2}, \qquad [식\ 1]$$

[0014] 여기서 n은 정수이며;

[0015] 여기서 T_z는 다음에 의해 정의되는 탤벗(Talbot) 길이이며:

[0016] $$T_z = \frac{\lambda}{1-\sqrt{1-\frac{\lambda^2}{p^2}}}, \qquad [식\ 2]$$

[0017] 여기서 λ는 광의 파장인, 광학 변위 센서를 제공한다.

[0018] 본 출원인은 회절 격자들을 이용하는 광학 변위 센서들에서, 상당한 양의 광이 회절로 인해 손실되어, 광학 변위 센서의 성능을 손상시킬 수 있다는 것(예를 들어, 감도를 감소시킨다는 것)을 인식하였다. 회절 격자는 반사 표면과 회절 격자 사이의 분리에 대응하는 신호(예를 들어, 차동 신호)를 생성하기 위해 상이한 회절 차수들에 대응하는 별개의 채널들로의 광의 분리를 가능하게 하지만, 전형적으로 일부 광은 궁극적으로 광 검출기(들)에 의해 수집되지 않도록(예를 들어, 일부 광은 회절 격자와 반사 표면 사이의 에어 갭에서의 다중 반사 및 흡수로 인해 손실될 수 있다) 하는 방향들로 회절된다. 본 출원인은 또한, 광이 회절 격자들 상에 충돌하기 전에 광을 적어도 부분적으로 시준함으로써 그리고 격자 주기(p) 및 광학 경로 길이(L)가 각 격자에 대해 식 1의 관계를 만족시키도록 광학 변위 센서를 구성함으로써 이러한 손실이 개선될 수 있다는 것을 인식하였다.

[0019] 식 1의 관계는 평면파가 주기적 격자에 의해 회절될 때 발생하는 회절 패턴의 속성들로 인한 이들 손실을 개선한다. 평면파가 주기적 격자에 의해 회절될 때, 격자의 이미지가 격자의 평면으로부터 규칙적인 거리들만큼 떨어져 반복되는 반복 패턴이 생성된다. 규칙적인 거리는 탤벗 길이(T_z)이다. 탤벗 길이의 절반에서, 그리고 탤벗 길이의 절반의 홀수배들에서, 회절된 광은 격자의 이미지이지만, 이미지는 격자 주기의 절반만큼 횡측으로 병진 이동된다.

[0020] 본 발명에 따르면, 광학 경로 길이(L)는 광의 제1 부분이 격자 상에 충돌하고 격자에 의해 회절된 후에, 반사 표면에 의해 반사된 후에 다시 격자 상에 충돌하기 전에 총 거리 $2L$을 전파하도록 되어 있다.

[0021] 식 1의 관계에 따르면, $2L$은 정수 개의 탤벗 길이에 대응하며, 이는 회절된 제1 광 부분에서의 격자의 반복하는 자기 이미지가 실제 회절 격자의 위치와 일치한다는 것을 의미한다. 이는 더 많은 광이 회절 격자를 통해 결합

되게(즉, 격자에 의해 광 검출기(들)를 향해 투과 또는 반사됨) 하고, 이에 따라 더 많은 광이 검출된 신호에 기여하는 광 검출기(들)에 전파될 수 있다.

[0022] 본 출원인은 또한, $2L$이 탤벗 길이의 절반의 홀수배에 대응할 때 유사한 이점이 얻어질 수 있다는 것을 인식하였다. 이에 따라, 제2 양태로부터 고려해 볼 때, 본 발명은:

[0023] 반사 표면;

[0024] 반사 표면으로부터 이격된 하나 이상의 회절 격자 – 회절 격자 또는 각 회절 격자는 반사 표면과 함께 각 간섭 측정 배열체를 규정하고, i) 반사 표면 또는 ii) 회절 격자 또는 각 회절 격자 중, 어느 하나가 다른 하나에 대해 이동 가능함 –;

[0025] 각 간섭 측정 배열체에 대해, 상기 광의 제1 부분이 간섭 측정 배열체를 통해 제1 광학 경로를 따라 전파하고 상기 광의 제2 부분이 상기 간섭 측정 배열체를 통해 상이한 제2 광학 경로를 따라 전파함으로써, 간섭 측정 배열체의 반사 표면과 회절 격자 사이의 분리에 종속하는 제1 광학 경로와 제2 광학 경로 사이의 광학 경로 차가 생기게 하도록, 상기 간섭 측정 배열체(들)에 광을 제공하도록 배열된 광원; 및

[0026] 각 간섭 측정 배열체에 대해, 상기 광학 경로 차에 종속하여 광의 상기 제1 부분 및 상기 제2 부분에 의해 발생되는 간섭 패턴의 적어도 일부를 검출하도록 배열된 하나 이상의 광 검출기(들)의 각 세트;

[0027] 광원과 회절 격자(들) 사이에서 광을 적어도 부분적으로 시준하도록 배열된 시준 광학 배열체를 포함하되,

[0028] 간섭 측정 배열체 또는 각 간섭 측정 배열체에 대해, 반사 표면 또는 회절 격자가 제로 변위 위치에 있을 때, 회절 격자는 광의 제1 부분 각각이 회절 격자와 반사 표면 사이에서 광학 경로 길이(L)를 따라 이동하도록 반사 표면으로부터 일정 거리만큼 이격되되,

[0029] 회절 격자 또는 각 회절 격자는 간섭 측정 배열체 또는 각 간섭 측정 배열체에 대해, 격자 주기(p) 및 광학 경로 길이(L)가 $\frac{T_z}{4}$의 20% 이내로 다음의 관계를 만족시키도록 하는 격자 주기(p)를 갖는 주기적 회절 격자를 포함하며:

[0030] $$L = \frac{T_z m}{4}, \quad [식\ 3]$$

[0031] 여기서 m은 홀수 정수이며;

[0032] 여기서 T_z는 다음에 의해 정의되는 탤벗 길이이며:

[0033] $$T_z = \frac{\lambda}{1-\sqrt{1-\frac{\lambda^2}{p^2}}}, \quad [식\ 4]$$

[0034] 여기서 λ는 광의 파장인, 광학 변위 센서를 제공한다.

[0035] 식 3의 관계에 따르면, $2L$은 탤벗 길이의 절반의 홀수배에 대응하며, 이는 회절된 제1 광 부분에서의 격자의 반복하는 자기 이미지가 실제 회절 격자의 위치와 일치하지만 격자 주기 절반만큼 횡측으로 병진 이동된다는 것을 의미한다. 이는 대부분의 광이 회절 격자로부터 다시 반사 표면을 향해 반사되게 하며, 이 반사 표면은 차례로 광을 다시 회절 격자로 반사시킨다(즉 광이 거리 $2L$의 또 다른 왕복을 거치도록 한다). 이 광이 회절 격자 상에 다시 충돌할 때, 광은 총 거리 $4L$(즉 회절 격자와 반사 표면 사이의 두 번 왕복)을 이동했을 것이다. 이 경우, 식 3의 관계에 따르면, $4L$은 정수 개의 탤벗 길이에 대응한다. 이에 따라, 두 번의 왕복 이후에 회절된 제1 광 부분에서의 격자의 반복하는 자기 이미지는 실제 회절 격자의 위치와 일치한다. 이는 더 많은 광이 회절 격자를 통해 결합되게(즉, 격자에 의해 광 검출기(들)를 향해 투과 또는 반사됨) 하고, 이에 따라 더 많은 광이 검출된 신호에 기여하는 광 검출기(들)에 전파될 수 있다. 이러한 구성은 광이 반사 표면과 회절 격자(들) 사이의 갭에서 두 번의 왕복을 거침으로 인해, 반사 표면 또는 회절 격자(들)의 이동에 대한 광학 변위 센서의 감도를 배가시킬 수 있다는 추가적인 이점을 제공할 수 있다.

[0036] 광의 시준은 광의 전파 각도가 격자의 표면에 걸친 위치에 따라 변하지 않는다(또는 광이 적어도 부분적으로 시준되지 않은 경우보다 덜 변한다)는 것을 의미하기 때문에 이 효과에 기여한다. 결과적으로, 회절 격자와 반사

표면 사이의 소정의 수직 분리에 대해, 광학 경로 길이(L) 또한 회절 격자의 표면에 걸쳐 변하지 않으며(또는 덜 변하며), 이는 식 1 또는 식 3의 관계가 회절 격자 표면에 걸친 모든 또는 실질적으로 모든 위치들에 걸쳐 만족될 수 있다는 것을 의미하여, 광 손실의 감소에 기여한다.

[0037] 식 1의 관계는 광 손실을 감소시키는 이익이 상당한 유용한 정도로 제공되기 위해 정확하게 만족될 필요는 없다는 것으로 이해되어야 한다. 본 출원인은 광학 경로 길이(L)가 $\frac{T_Z}{2}$의 20%의 마진 이내로 식 1을 만족시키는 경우 광 손실의 유용한 감소가 달성될 수 있다는 것을 발견하였다. 실시예들의 세트에서, 격자 주기(p) 및 광학 경로 길이(L)는 $\frac{T_Z}{2}$의 15% 이내로 식 1의 관계를 만족시킨다.

[0038] 식 3의 관계는 광 손실을 감소시키는 이익이 상당한 유용한 정도로 제공되기 위해 정확하게 만족될 필요는 없다는 것으로 이해되어야 한다. 본 출원인은 광학 경로 길이(L)가 $\frac{T_Z}{4}$의 20%의 마진 이내로 식 3을 만족시키는 경우 광 손실의 유용한 감소가 달성될 수 있다는 것을 발견하였다. 실시예들의 세트에서, 격자 주기(p) 및 광학 경로 길이(L)는 $\frac{T_Z}{4}$의 15% 이내로 식 3의 관계를 만족시킨다.

[0039] 광학 변위 센서는 바람직하게는 멤브레인을 포함하되, 반사 표면이 멤브레인의 표면을 포함하거나 멤브레인의 표면 상에 제공된다.

[0040] 반사 표면이 회절 격자(들)에 대해 이동 가능한 실시예들에서, 반사 표면은 이동 가능한 부재 내에 또는 이동 가능한 부재 상에 제공될 수 있거나, 또는 이동 가능한 부재의 일부를 포함할 수 있다. 회절 격자(들)는 광원 및 광 검출기(들)에 대해 고정될 수 있다(예를 들어, 광학 변위 센서는 기판을 포함할 수 있고, 회절 격자(들)는 기판 내에 또는 기판 상에 제공될 수 있거나, 또는 기판의 일부를 포함할 수 있다).

[0041] 회절 격자 또는 각 회절 격자가 반사 표면에 대해 이동 가능한 실시예들에서, 회절 격자(들)는 이동 가능한 부재 상에 제공될 수 있거나, 또는 이동 가능한 부재의 일부를 포함할 수 있다. 반사 표면은 광원 및 광 검출기(들)에 대해 고정될 수 있다(예를 들어, 광학 변위 센서는 기판을 포함할 수 있고, 반사 표면은 기판 내에 또는 기판 상에 제공될 수 있거나, 또는 기판의 일부를 포함할 수 있다).

[0042] 비제한적인 예들로서, 이동 가능한 부재는 멤브레인, 또는 프루프 매스(proof mass)(예를 들어, 가속도계 또는 지오폰에서)일 수 있다.

[0043] "반사 표면"의 맥락에서, 반사는 표면이 적어도 부분적으로 반사적이지만, 이는 예를 들어, 광학 변위 센서의 특정 구성에 따라, 실질적으로 또는 완전히 반사적일 수 있다는 것을 의미하는 것으로 이해되어야 한다.

[0044] 회절 격자 또는 각 회절 격자가 주기적 격자를 포함한다고 언급될 때, 이는 회절 격자 또는 각 회절 격자가 균등하게 이격된 평행한 격자 라인들의 세트를 포함한다는 것을 의미하는 것으로 이해되어야 한다. 다수의 회절 격자들이 제공되는 경우, 바람직하게는 각 회절 격자는 각 평면 내에 놓이며, 이때 모든 격자들의 평면들은 서로 평행하다. 더 일반적으로, 바람직하게는 회절 격자 또는 각 회절 격자는 반사 표면 및 회절 격자(들)의 상대적인 이동이 상기 평면들에 수직이도록 반사 표면의 평면에 평행한 평면 내에 놓인다. 이는 이동 동안 반사 표면 또는 회절 격자(들)의 약간의 변형으로 인한 평면으로부터의 임의의 편차를 무시하는 것으로 이해되어야 한다.

[0045] 바람직하게는 회절 격자 또는 각 회절 격자는 격자 라인들이 회절 격자(들)의 광원을 향하는 측 상에 충돌하는 광에 대한 (예를 들어, 격자 라인들 사이의 영역들에 비해) 높은 반사율을 갖도록 제조된다. 이는 높은 회절 효율을 제공하는 것을 도울 수 있다.

[0046] 식 1에 따른 관계가 적용되는 실시예들에서, 바람직하게는 격자 라인들은 회절 격자(들)의 반사 표면을 향하는 측 상에 충돌하는 광에 대한 낮은(예를 들어, 회절 격자(들)의 광원을 향하는 측 상에 충돌하는 광에 대한 격자 라인들의 반사율에 비해 낮은) 반사율을 갖는다. 이는 회절 격자(들)와 반사 표면 사이의 갭에서의 광의 다중 내부 반사를 감소시키는 것을 도울 수 있으며, 이는 위에서 논의된 바와 같이, 예를 들어, 식 1이 적용되는 본 발명의 제1 양태에 따라 제공되는 이익을 증가시킴으로써, 광학 변위 센서 성능을 개선하는 것을 도울 수 있다.

[0047] 식 3에 따른 관계가 적용되는 실시예들에서, 바람직하게는 격자 라인들은 회절 격자(들)의 반사 표면을 향하는

측 상에 충돌하는 광에 대한 (예를 들어, 격자 라인들 사이의 영역들에 비해) 높은 반사율을 갖도록 제조된다. 이는 광을 그 첫 번째 왕복 후에 다시 반사 표면을 향해 반사시키는 것을 도울 수 있어서, 광이 회절 격자와 반사 표면 사이에서 두 번째 왕복을 거친다. 이는 위에서 논의된 바와 같이, 예를 들어, 식 3이 적용되는 본 발명의 제2 양태에 따라 제공되는 이익을 증가시킴으로써, 광학 변위 센서 성능을 개선하는 것을 도울 수 있다.

[0048] 위에서 설명된 높은 반사율 및 낮은 반사율 속성들은 예를 들어, 격자 라인들에 그리고/또는 격자 라인들 사이의 영역들에 적용되는, 적합한 코팅들(예를 들어, 다층 코팅들, 반사 방지 코팅들 등) 또는 다른 표면 처리들(예를 들어, 반사 방지 처리들)에 의해 제공될 수 있다.

[0049] 광의 파장(λ)은 광원에 의해 생성되는 파장들의 유한 스펙트럼을 특징짓는 파장일 수 있다. 예를 들어, 파장은 광의 파장 스펙트럼의 피크 파장 또는 중심 파장일 수 있다.

[0050] 이 맥락에서의 "제로 변위 위치"는 반사 표면 또는 회절 격자가 자신이 측정하도록 설계된 어떠한 결과적인 외력도 받지 않는 경우 반사 표면 또는 회절 격자가 채택할 평형 위치를 의미한다.

[0051] 시준 광학 배열체는 단일 광학 요소를 포함할 수 있거나, 또는 다수의 요소들을 포함할 수 있다.

[0052] 본원에서 사용되는 바와 같은 용어 "광 검출기"는 이산적 광 검출기 디바이스들(예를 들어, 광 다이오드들)에 제한되는 것이 아니라, 또한 이들의 하나 초과의 영역 상에 입사하는 광을 별개로 검출하는 디바이스들, 예를 들어, CCD를 포함할 수 있으며, 이때 상이한 픽셀들 또는 픽셀들의 영역들 각각이 그 위에 입사하는 인입 광에 대한 별개의 신호를 제공한다.

[0053] 실시예들의 세트에서, 광학 변위 센서는 적어도 두 개의 회절 격자들을 포함한다. 광학 경로 길이(L)는 예를 들어, 아래에서 논의되는 바와 같이, 각 회절 격자에 대해 상이할 수 있으며, 이는 바람직하게는 각 회절 격자와 반사 표면 사이에 각 회절 격자에 대해 상이한 수직 광학 경로 길이가 존재하도록 광학 변위 센서를 구성함으로써 달성된다. 이러한 배열들은 바람직하게는 예를 들어, WO 2014/202753에서 설명된 바와 같이, 광학 변위 센서의 동적 범위가 확장되게 할 수 있다. 상이한 광학 경로 길이들은 상이한 위상 오프셋들을 제공하여, 다수의 광학 신호들이 상대적인 위상 오프셋들을 갖게 한다. 광학 측정을 제공하기 위해 신호들을 조합하는 것은 광학 변위 센서의 동작 범위를 확장시킬 수 있다.

[0054] 실시예들의 세트에서, 각 회절 격자와 반사 표면 사이에 각 회절 격자에 대해 상이한 수직 광학 경로 길이가 존재한다. 수직 광학 경로 길이의 차이는 회절 격자들을 반사 표면에 대해 상이한 높이 오프셋들을 갖게 위치시킴으로써, 예를 들어, 회절 격자들을 계단형 프로파일을 갖는 기판 상에 제공함으로써, 제공될 수 있다. 상이한 높이 오프셋들은 예를 들어, 기판 내의 상이한 깊이들의 에칭된 리세스들에 의해 제공될 수 있으며, 이때 리세스들 내에 회절 격자들이 제공된다. 수직 광학 경로 길이의 차이는 예를 들어, 반사 표면이 고정되고 회절 격자들이 반사 표면에 대해 이동하는 경우, 반사 표면 내의 상이한 높이의 영역들(예를 들어, 계단형 프로파일 또는 에칭된 리세스들)에 의해 제공될 수 있다. 이에 따라, 반사 표면은 단일의 평면형 표면일 필요는 없지만, – 예를 들어, 각각이 격자들을 위에 갖는 이동 가능한 부재에 대한 상이한 높이 오프셋을 갖는 – 예를 들어, 다수의 영역들 또는 패싯들을 포함할 수 있는 것으로 이해되어야 한다. 그러나, 광학 경로 길이들의 차이가 회절 격자들과 반사 표면 사이의 물리적 거리의 차이에 의해 제공되는 것이 필수적인 것은 아니다. 광학 경로 길이의 차이는 예를 들어, 광학 지연 막들을 사용하여, 기판이 비평면형 프로파일을 가질 것을 반드시 필요로 하지 않고, 다른 방식들로 제공될 수 있다.

[0055] 반사 표면이 단일의 평면형 표면일 필요는 없지만, 예를 들어, 다수의 영역들 또는 패싯들을 포함할 수 있으며, 이는 표면이 별개의 독립적으로 이동 가능한 표면들을 포함할 수 있다는 것을 의미하지는 않는 것으로 이해되어야 한다. 예를 들어, 반사 표면이 공통의 이동 가능한 부재(예를 들어, 멤브레인) 상에 제공되거나 그 일부를 형성할 수 있거나, 회절 격자들이 공통의 이동 가능한 부재(예를 들어, 멤브레인) 상에 제공될 수 있다.

[0056] 실시예들의 세트에서, 제로 변위 위치에서, 반사 표면은 회절 격자 또는 각 회절 격자로부터 적어도 15 ㎛의 수직 거리만큼 분리된다.

[0057] 하나 초과의 회절 격자를 갖는 실시예들에서, 바람직하게는 격자 주기(p)는 각 회절 격자에 대해 동일하다. 위상 오프셋을 도입하기 위해 요구되는 높이 오프셋은 전형적으로 매우 작을 것임(예를 들어, 파장의 스케일 상에 있을 것임)에 따라, 격자들 모두가 높이 오프셋들에 의해 제공되는 위상 오프셋들로도, 언급된 마진 내에서 식 1 또는 식 3의 상기한 관계를 만족시키는 것이 가능하다. 예를 들어, 반사 표면과 격자들 사이의 전형적인 제로 변위 간격은 30 ㎛ 내지 40 ㎛의 범위 내, 또는 30 ㎛ 초과, 예를 들어, 40 ㎛ 초과일 수 있다. 이는 바람직하게는 댐핑을 감소시키는 것을 도울 수 있다. 대응하는 격자 주기(예를 들어, 30 ㎛ 내지 40 ㎛의 범위에 대응)

는 5 ㎛ 내지 6 ㎛의 범위 내일 수 있으며, 이는 예를 들어, 850 nm의 파장에서, 적합한 회절 각도들을 제공할 수 있다.

[0058] 시준 배열체가 광을 적어도 부분적으로 시준한다고 언급될 때, 이는 시준 광학 배열체로부터 나오는 광이 시준 광학 배열체 상에 충돌하는 광보다 더 작은 빔 각도를 갖는다는 것을 의미한다. 빔은 수렴하거나 발산할 수 있다(즉, 빔 각도는 빔이 수렴하거나 발산하는 각도를 지칭할 수 있다). 바람직하게는 시준 광학 배열체는 예를 들어, 시준 후 광의 빔 각도가 10° 미만, 예를 들어, 5° 미만, 예를 들어, 2° 미만, 예를 들어, 1° 미만, 예를 들어, 0.5% 미만, 예를 들어, 0.1% 미만이도록, 광을 완전히 또는 실질적으로 완전히 시준한다. 실시예들의 세트에서, 시준 광학 배열체는 렌즈이거나 렌즈를 포함한다.

[0059] 위에서 언급된 바와 같이, 회절 격자(들) 또는 반사 표면은 (예를 들어, 기판의 표면을 포함하여) 기판 내에 또는 상에 제공(예를 들어, 증착 또는 에칭)될 수 있다. 일부 실시예들에서, 회절 격자(들) 또는 반사 표면은 반사 표면과 회절 격자(들)가 서로 마주 보도록 기판의 제1 측 상에 있고, 시준 광학 배열체는 기판의 광원을 향하는 제2 측 상에 제공된다. 일부 실시예들에서, 회절 격자(들) 또는 반사 표면은 제1 기판 내에 또는 상에 제공될 수 있고, 시준 광학 배열체는 광원과 제1 기판 사이의 제2 기판 상에 제공될 수 있다. 시준 광학 배열체는 광원의 표면 상에 제공될 수 있고, 예를 들어, 광원은 후방측 방출 VCSEL(즉, 방출기(들)가 VCSEL의 후방 표면에 위치되고, 전방 표면을 통해 VCSEL로부터 광을 방출함)일 수 있으며, 이때 시준 광학 배열체는 그 방출(즉, 전방) 표면 상에 제공될(예를 들어, 표면 내로 에칭될) 수 있다.

[0060] 간섭 측정 배열체(들)는 회절 격자(들)가 광원과 반사 표면 사이에 위치되도록 구성될 수 있다. 광 검출기(들)는 간섭 측정 배열체(들)의 광원과 동일한 측 상에, 예를 들어, 광원에 인접하여, 제공될 수 있다. 광원 및 광 검출기(들)는 공통의 광전자 기판 상에 제공될 수 있다. 간섭 측정 배열체(들)는 반사 표면이 광원과 회절 격자(들) 사이에 위치되도록 구성될 수 있다. 광 검출기(들)는 광원으로부터의 간섭 측정 배열체(들)의 반대 측 상에, 예를 들어, 회절 격자(들)를 향해, 제공될 수 있다.

[0061] 기판(들)은 임의의 적합한 물질, 예를 들어, 실리콘 또는 유리로 만들어질 수 있다.

[0062] 광원은 레이저, 예를 들어, 수직 공동 표면 방출 레이저(vertical-cavity surface-emitting laser, VCSEL), 예를 들어, 후방측 방출 VCSEL을 포함할 수 있다. VCSEL은 그 표면 상에 하나 이상의 광학 요소(예를 들어, 시준 광학 배열체 및/또는 빔 분리 광학 배열체)를 포함할 수 있다.

[0063] 실시예들의 세트에서, 광학 변위 센서는 두 개 이상의 회절 격자들을 포함하고; 그리고

[0064] a) 각 회절 격자는 각 격자 라인 방향으로 연장되는 평행한 격자 라인들의 세트를 포함하고, 상기 회절 격자들의 세트 내의 각 회절 격자의 격자 라인 방향은 상기 세트 내의 각 다른 회절 격자의 격자 라인 방향과 상이하고/하거나;

[0065] b) 광학 변위 센서는 광을 두 개 이상의 빔들로 분리하도록 배열된 빔 분리 광학 배열체를 포함하되, 두 개 이상의 빔들 각각은 회절 격자들의 각 회절 격자 상으로 지향된다.

[0066] 이는 그 자체로 신규하고 독창적이며, 이에 따라 제3 양태로부터 고려해 볼 때, 본 발명은:

[0067] 반사 표면;

[0068] 반사 표면으로부터 이격된 두 개 이상의 회절 격자 – 각 회절 격자는 반사 표면과 함께 각 간섭 측정 배열체를 규정하고, i) 반사 표면 또는 ii) 회절 격자들 중, 어느 하나가 다른 하나에 대해 이동 가능함 –;

[0069] 각 간섭 측정 배열체에 대해, 상기 광의 제1 부분이 간섭 측정 배열체를 통해 제1 광학 경로를 따라 전파하고 상기 광의 제2 부분이 상기 간섭 측정 배열체를 통해 상이한 제2 광학 경로를 따라 전파함으로써, 간섭 측정 배열체의 반사 표면과 회절 격자 사이의 분리에 종속하는 제1 광학 경로와 제2 광학 경로 사이의 광학 경로 차가 생기게 하도록, 상기 간섭 측정 배열체들에 광을 제공하도록 배열된 광원; 및

[0070] 각 간섭 측정 배열체에 대해, 상기 광학 경로 차에 종속하여 광의 상기 제1 부분 및 상기 제2 부분에 의해 발생되는 간섭 패턴의 적어도 일부를 검출하도록 배열된 하나 이상의 광 검출기(들)의 각 세트;

[0071] 광원과 회절 격자(들) 사이에서 광을 적어도 부분적으로 시준하도록 배열된 시준 광학 배열체를 포함하되,

[0072] 그리고:

[0073] a) 각 회절 격자는 각 격자 라인 방향으로 연장되는 평행한 격자 라인들의 세트를 포함하고, 상기 회절 격자들

의 세트 내의 각 회절 격자의 격자 라인 방향은 상기 세트 내의 각 다른 회절 격자의 격자 라인 방향과 상이하고/하거나;

[0074] b) 광학 변위 센서는 광을 두 개 이상의 빔들로 분리하도록 배열된 빔 분리 광학 배열체를 포함하되, 두 개 이상의 빔들 각각은 회절 격자들의 각 회절 격자 상으로 지향되는 것인, 광학 변위 센서를 제공한다.

[0075] 본 발명의 제1 및/또는 제2 양태들에 따른 실시예들의 세트에서, 광학 변위 센서는 두 개 이상의 회절 격자들을 포함하고; 광원은 광이 복수의 광 빔들로서 제공되도록 복수의 광원 요소들을 포함하되, 각 광원 요소는 상기 빔들의 각 빔을 제공하고, 광의 각 빔은 회절 격자들의 각 회절 격자 상으로 지향된다. 이러한 실시예들은 위에서 제시된 바와 같은 특징 a)를 또한 구비할 수 있다.

[0076] 이는 그 자체로 신규하고 독창적이며, 이에 따라 제4 양태로부터 고려해 볼 때, 본 발명은:

[0077] 반사 표면;

[0078] 반사 표면으로부터 이격된 두 개 이상의 회절 격자 - 각 회절 격자는 반사 표면과 함께 각 간섭 측정 배열체를 규정하고, i) 반사 표면 또는 ii) 회절 격자들 중, 어느 하나가 다른 하나에 대해 이동 가능함 -;

[0079] 각 간섭 측정 배열체에 대해, 상기 광의 제1 부분이 간섭 측정 배열체를 통해 제1 광학 경로를 따라 전파하고 상기 광의 제2 부분이 상기 간섭 측정 배열체를 통해 상이한 제2 광학 경로를 따라 전파함으로써, 간섭 측정 배열체의 반사 표면과 회절 격자 사이의 분리에 종속하는 제1 광학 경로와 제2 광학 경로 사이의 광학 경로 차가 생기게 하도록, 상기 간섭 측정 배열체들에 광을 제공하도록 배열된 광원; 및

[0080] 각 간섭 측정 배열체에 대해, 상기 광학 경로 차에 종속하여 광의 상기 제1 부분 및 상기 제2 부분에 의해 발생되는 간섭 패턴의 적어도 일부를 검출하도록 배열된 하나 이상의 광 검출기(들)의 각 세트;

[0081] 광원과 회절 격자(들) 사이에서 광을 적어도 부분적으로 시준하도록 배열된 시준 광학 배열체를 포함하되,

[0082] 광원은 광이 복수의 광 빔들로서 제공되도록 복수의 광원 요소들을 포함하되, 각 광원 요소는 상기 빔들의 각 빔을 제공하고, 광의 각 빔은 회절 격자들의 각 회절 격자 상으로 지향되는 것인, 광학 변위 센서를 제공한다.

[0083] 복수의 광원 요소들은 어레이로 배열될 수 있다. 광원은 다수의 방출기들을 갖는(즉, 다수의 방출기들 각각이 광원 요소들 중 하나이도록) 수직 공동 표면 방출 레이저(VCSEL)를 포함할 수 있다. 광원은 전방측 방출 VCSEL 또는 후방측 방출 VCSEL을 포함할 수 있다. VCSEL은 그 표면 상에 하나 이상의 광학 요소(예를 들어, 시준 광학 배열체)를 포함할 수 있다. 광원 요소들은 독립적으로(예를 들어, 개별적으로 또는 서브 그룹들로) 작동 가능할 수 있다. 이는 예를 들어, 광학 변위 센서의 동작의 전력 절감 모드를 가능하게 할 수 있다.

[0084] 시준 광학 배열체는 광의 복수의 빔들의 각 빔을 적어도 부분적으로 시준하도록 배열될 수 있다(예를 들어, 시준 광학 배열체는 복수의 시준 광학 요소들을 포함할 수 있으며, 이때 상기 시준 광학 요소들 각각이 광의 상기 빔들의 각 빔을 적어도 부분적으로 시준하도록 배열된다). 제4 양태에 따른 실시예는 제3 양태에 관하여 위에서 제시된 바와 같은 특징 a)를 또한 구비할 수 있다.

[0085] 제1 및 제2 양태들의 선택사항인 특징들이 적용 가능한 경우, 또한 제3 및 제4 양태들의 특징들일 수도 있다.

[0086] 빔 분리 광학 배열체는 단일 광학 요소를 포함할 수 있거나, 또는 다수의 요소들을 포함할 수 있다. 빔 분리 광학 배열체는 빔 스플리터, 예를 들어, 회절 빔 스플리터일 수 있거나 이를 포함할 수 있다. 빔 분리 광학 배열체는 굴절형 또는 회절형(예를 들어, 빔 분리 광학 배열체는 회절 격자일 수 있거나 이를 포함할 수 있음)일 수 있다.

[0087] 빔 분리 광학 배열체는 빔들을 각자의 회절 격자들 상으로 또는 각자의 회절 격자들을 향해 지향시킬 수 있다. 빔 분리 광학 배열체는 빔들을 적어도 부분적으로 시준할 수 있다.

[0088] 빔 분리 광학 배열체는 시준 광학 배열체를 포함할 수 있다. 시준 광학 배열체와 빔 분리 광학 배열체는 광을 적어도 부분적으로 시준하는 기능과 광을 두 개 이상의 빔들로 분리하는 기능 둘 모두를 수행하는 단일 구성요소로서 형성될 수 있다. 빔을 시준하고 분할하는 데 사용될 수 있는 요소들의 비제한적인 예들은 합성 위상 홀로그램 요소들 및 다수의 패싯들을 갖는 굴절 렌즈를 포함한다.

[0089] 위에서 언급된 바와 같이, 회절 격자(들) 또는 반사 표면은 (예를 들어, 기판의 표면을 포함하여) 기판 내에 또는 상에 제공(예를 들어, 증착 또는 에칭)될 수 있다. 일부 실시예들에서, 회절 격자(들) 또는 반사 표면은 반사 표면과 회절 격자(들)가 서로 마주 보도록 기판의 제1 측 상에 있고, 빔 분리 광학 배열체는 기판의 광원을

향하는 제2 측 상에 제공된다. 일부 실시예들에서, 회절 격자(들) 또는 반사 표면은 제1 기판 내에 또는 상에 제공되고, 빔 분리 광학 배열체는 광원과 제1 기판 사이의 제2 기판 상에 제공된다.

[0090] 빔 분리 광학 배열체는 광원의 표면 상에 제공될 수 있다(예를 들어, 광원은 후방측 발출 수직 공동 표면 발출 레이저(VCSEL)일 수 있으며, 이때 빔 분리 광학 배열체는 그 전방 표면 상에 제공될(예를 들어, 전방 표면 내에/상에 일체로 형성되거나, 전방 표면 상에 장착되거나, 전방 표면 내로 에칭될) 수 있다. 예를 들어, 빔 분리 광학 배열체는 광원의 표면 상에 형성된 렌즈(예를 들어, 패싯형 렌즈)를 포함할 수 있다. 다른 예로서, 빔 분리 광학 배열체는 광원의 표면 내로 에칭된 회절 격자를 포함할 수 있다.

[0091] 빔 분리 광학 배열체를 광원의 표면 상에 제공하는 것은 다양한 이점들을 제공할 수 있다. 예를 들어, 이는 광학 변위 센서의 광학 구성요소들의 정렬을 웨이퍼 스케일에서 더 용이하게 만들 수 있다. 이는 광학 변위 센서를 더 콤팩트하게 만들 수 있다. 이는 더 적은 구성요소를 갖기 때문에 광학 변위 센서를 패키지(예를 들어, 마이크로폰 하우징) 내에 통합하는 것을 더 용이하게 만들 수 있다.

[0092] 특징들 a)와 b) 중 어느 하나 또는 둘 모두의 제공, 또는 격자들의 각 격자 상으로 지향되는 빔을 각각 제공하는 복수의 광원 요소들의 제공은 각 간섭계 배열체를 통과하는 광이 각 회절 격자에 대한 별개의 신호들을 생성하기 위해 상이한 광 검출기들에 의해 더 용이하게 수집될 수 있도록 그 광을 공간적으로 분리하는 기술적 효과를 제공한다.

[0093] 특징 a)의 경우에, 빔은 적어도 격자 라인들의 상이한 배향들의 결과로서 공간적으로 분리된다. 빔이 주기적 회절 격자 상에 충돌할 때, 생성되는 회절 차수들은 격자 라인들에 수직한 방향에서 공간적으로 분리된다. 이에 따라, 빔이 상이한 격자 라인 배향들을 갖는 다수의 회절 격자들 상에 충돌할 때, 이는 회절 차수들의 다수의 세트들(각 격자에 대해 하나씩)을 생성하며, 이때 회절 차수들의 각 세트는 상이한 평면 내에서 공간적으로 분리된다(그리고 이에 따라 회절 차수들의 세트들이 서로 공간적으로 분리된다). 광은 예를 들어, 다수의 격자들과 중첩하는 영역 상에 입사하는 광의 빔으로서, 격자들 상에 법선으로 충돌할 수 있다. 그 경우에, 격자 배향들은 단독으로 광을 회절 차수들의 상이한 세트들을 포함하는 별개의 채널들로 분리하는 역할을 할 수 있다.

[0094] 특징 b)의 경우에, 광은 적어도 빔 분리 광학 배열체가 광을 다수의 빔들(예를 들어, 각 회절 격자에 대해 하나씩)로 분리함으로 인해, 공간적으로 분리된다. 복수의 광원 요소들이 복수의 빔들을 제공하는 특징의 경우에, 광 빔들은 공간적으로 분리된 광원 요소들에 의해 제공되는 것으로 인해 공간적으로 분리된다.

[0095] 빔들은 빔 분리 광학 배열체 상에 충돌하는 광의 빔 축에 대해 "축을 벗어나는(off-axis)" 것(예를 들어, 여기서 각 빔이 상기 축에 대한 일정 각도로 전파함)으로서 설명될 수 있다. 회절 격자들 상에 충돌하는 빔들이 공간적으로 분리됨에 따라, 격자들에 의해 생성되는 회절 차수들의 세트들 또한 공간적으로 분리될 것이다.

[0096] 빔들은 회절 격자들 상에 각 회절 격자가 놓인 평면에 대한 법선에 대해 일정 각도로 충돌할 수 있다. 각 빔은 예를 들어, 별개의 시준 광학 배열체에 의해 또는 빔 분리 광학 배열체에 의해, 시준되거나 실질적으로 시준될 수 있다. 바람직하게는 각 빔의 전파 방향은 – i) 상기 빔이 충돌하는 회절 격자의 격자 라인 방향에 평행하고, ii) 상기 회절 격자가 놓인 평면에 수직하는 – 평면 내에 있다. 이러한 배향은 바람직하게는 회절로 인한 광 손실을 개선하는 것에 관한 본 발명의 제1 및 제2 양태들의 특징들의 이익을 제공하는 것을 도울 수 있다.

[0097] 광학 변위 센서는 정확히 두 개의 회절 격자들을 가질 수 있다. 정확히 두 개의 격자들을 갖는 실시예들의 맥락에서 본원에서 설명된 임의의 선택사항인 특징들은 적용 가능한 경우, 또한 세 개 이상의 회절 격자들을 포함하는 실시예들의 선택사항인 특징들일 수도 있다.

[0098] 실시예들의 세트에서, 빔 또는 각 빔이 그 각 회절 격자 상에 각 회절 격자가 놓인 평면에 대한 법선에 대해 각 입사각으로 충돌하되, 각 회절 격자에 대한 입사각은 각 다른 회절 격자의 입사각과 상이하다.

[0099] 실시예들의 세트에서, 빔 또는 각 빔이 그 각 회절 격자 상에 각 회절 격자가 놓인 평면에 대한 법선에 대해 각 입사각으로 충돌하되, 상기 회절 격자들의 세트 내의 각 회절 격자에 대한 입사각은 상기 세트 내의 각 다른 회절 격자의 입사각과 상이하다.

[0100] 두 개의 입사각들은 이들이 법선에 대해 동일한 극각(polar angle)을 갖지만 상이한 방위각을 갖거나, 법선에 대해 동일한 방위각을 갖지만 상이한 극각을 갖거나, 법선에 대해 상이한 극각 및 상이한 방위각을 갖는 경우 서로 상이하다고 고려될 수 있는 것으로 이해되어야 한다.

[0101] 예를 들어, 정확히 두 개의 격자들을 갖는 실시예들에서, 격자들은 동일한 배향을 가질 수 있고, 격자 라인 방

향에 평행한 방향으로 서로 이격될 수 있다. 각 빔들은 각 격자 상에 동일한 극각을 갖지만 180° 만큼 상이한 방위각을 갖는 각 입사각들로 충돌할 수 있다.

[0102] 실시예들의 세트에서, 광, 또는 회절 격자들 상에 충돌하는 광의 빔의 빔 방향은 회절 격자들의 표면에 수직하다.

[0103] 일부 실시예들에서, 각 회절 격자는 격자들 사이의 중심점으로부터 반경방향으로 연장되는 라인들의 세트의 라인을 따라 배향된다. "라인을 따라 배향된"은 격자가 상기 라인과 중첩되고 상기 라인에 평행한 그 격자 라인 방향을 갖는다는 것을 의미하는 것으로 이해되어야 한다.

[0104] 실시예들의 세트에서, 광학 변위 센서는 N개의 격자들을 포함하되, 회절 격자들이 서로에 대해 (360°)/N의 각도 또는 그 배수로 배향된다.

[0105] 회절 격자의 배향은 그 격자 라인들의 배향을 지칭하는 것으로 이해되어야 한다.

[0106] 일부 실시예들에서, 간섭 측정 배열체 또는 각 간섭 측정 배열체는 동일한 격자 주기 및 동일한 격자 라인 방향을 갖고, 반사 표면으로부터 동일한 광학 거리만큼 분리되는 회절 격자들의 쌍을 포함하여서, 회절 격자들의 쌍이 함께, 간섭 측정 배열체에 대응하는 하나 이상의 광 검출기의 동일한 세트 상으로 광을 지향시키도록 기능한다.

[0107] 실시예들의 세트에서, 회절 격자들은 회전 대칭 복합 회절 격자로 배열된다. 예를 들어, 회절 격자들은 원의 섹터들 또는 섹터들의 정반대에 있는 쌍들, 또는 육각형, 팔각형, 또는 다른 다각형에서의 삼각형들 또는 삼각형들의 정반대에 있는 쌍들을 포함할 수 있다. 회전 대칭은 복합 회절 격자의 축 주위의 회절 격자들의 위치들을 지칭하고, 격자들의 모든 속성들에 대해 반드시 그런 것은 아닌 것(예를 들어, 격자들은 회전 대칭이 아닌 방식으로 상이한 높이 오프셋들을 가질 수 있음)으로 이해되어야 한다.

[0108] 위에서 논의된 바와 같은 생성된 회절 차수들의 세트들의 공간적 분리는 바람직하게는 차수들이 예를 들어, 빔 조향 광학 배열체를 사용하여, 광 검출기들 상으로 더 용이하게 지향될 수 있게 할 수 있다.

[0109] 실시예들의 세트에서, 광학 변위 센서는 각 간섭 측정 배열체에 대한 제1 광 부분 및 제2 광 부분을 간섭 측정 배열체에 대해 제공된 각 광 검출기(들) 상으로 지향시키도록 배열된 빔 조향 광학 배열체를 포함한다.

[0110] 빔 조향 광학 배열체는 하나 이상의 빔 조향 광학 요소, 예를 들어, 하나 이상의 굴절 및/또는 회절 광학 요소를 포함할 수 있다.

[0111] 빔 조향 광학 배열체는 복수의 프리즘들 또는 격자들을 포함할 수 있으며, 이는 예를 들어, 폴리머를 사용하여, 기판 표면 상에 패터닝되거나 예를 들어, 기판 표면 내로 에칭될 수 있다.

[0112] 실시예들의 세트에서, 빔 분리 광학 배열체와 빔 조향 광학 배열체는 공통의 기판 상에 제공된다. 예를 들어, 빔 조향 광학 배열체는 빔 분리 광학 배열체 주위에(예를 들어, 주변에) 위치될 수 있다(예를 들어, 복수의 빔 조향 광학 요소들이 빔 분리 광학 배열체 주위에 위치됨).

[0113] 빔 조향 광학 배열체는 바람직하게는 광 검출기(들) 및/또는 다른 구성요소들의 위치 설정에 더 큰 자유도를 제공할 수 있다. 예를 들어, 빔 조향 광학 배열체는 각 빔을 광 검출기들 중 하나 상으로 지향시키도록 각각 구성된 복수의 빔 조향 광학 요소들을 포함할 수 있다. 이는 세 개, 네 개 또는 그 초과의 격자들을 갖는 실시예들에서 특히 유용할 수 있다. 바람직하게는 각 간섭 측정 배열체와 연관된 광 검출기(들) 및 다른 구성요소들은 다른 간섭 측정 배열체들과 연관된 광 경로들과의 중첩을 회피하기에 충분한 간격으로 배열된다. 격자의 수가 많을수록, 광 검출기들 및 다른 구성요소들의 배치를 위한 공간이 더 국한되고, 이에 따라 그러한 경우들에서 더 큰 배치 자유도가 도움이 된다.

[0114] 바람직하게는 빔 조향 광학 배열체는 상기한 특징 b)와 조합하여 제공되지만, 이는 특징 a)와 b) 둘 모두와 조합하여 또는 특징 a) 및/또는 복수의 광원 요소들의 특징과 조합하여 제공될 수 있다. 광이 격자들 상에 충돌하기 전에 광을 다수의 빔들로 분리하는 것(예를 들어, 여기서 각 빔은 회절 격자들의 표면 법선에 대해 일정 각도를 이룸)은 바람직하게는 빔들을 광 검출기(들) 상으로 조향하는 데 유용할 수 있는 추가적인 자유도를 제공할 수 있다. 이는 예를 들어, 광 검출기들 및 다른 구성요소들의 위치 설정에 대한 더 큰 허용오차를 허용함으로써, 광학 변위 센서, 그리고 특히 광 검출기들의 정렬을 더 용이하게 만들 수 있다. 추가의 특정 이점은 0차 회절 차수의 검출을 가능하게 할 수 있다는 것이다(예를 들어, 그렇지 않으면 다시 광원을 향해 직선으로 지향될 수 있어서 광 검출기를 0차 회절 차수를 수용하도록 위치 설정하는 것이 가능하지 않을 수 있음) .

[0115] 광이 주기적 회절 격자 상에 충돌할 때, 광은 격자 라인 방향에 수직한 방향에서 분리되는, 중심 회절 차수(보통 0차 또는 제로차 회절 차수로 지칭됨), 및 중심 회절 차수의 각 측 상의 회절 차수를 포함하여, 다수의 회절 차수들로 회절될 것이라는 것이 이해될 것이다. 이들 두 개의 차수들은 첫 번째 회절 차수들, 또는 +1차 및 -1차 회절 차수들로 지칭될 수 있다.

[0116] 실시예들의 세트에서, 하나 이상의 광 검출기의 각 세트는 두 개의 광 검출기들을 포함하고, 광 검출기들은 +1차 회절 차수가 광 검출기들 중 제1 광 검출기 상에 충돌하고 -1차 회절 차수가 광 검출기들 중 제2 광 검출기 상에 충돌하도록 배열된다.

[0117] 광 검출기들의 이러한 배열은 광이 회절 격자들 상에 충돌하기 전에 분리되지 않고, 광이 회절 격자들 상에 법선으로 입사하는 실시예들에서 제공될 수 있다. 이러한 실시예들에서, 0차 회절 차수는 다시 광원을 향해 지향될 수 있으며, +1차 및 -1차 회절 차수들은 +1차 및 -1차 회절 차수들이 격자 라인 방향에 수직한 방향에서 0차 차수로부터 공간적으로 분리되도록 격자 표면 법선에 대한 일정 각도로 지향된다. 이러한 공간적 분리는 +1차 및 -1차 회절 차수들이 다시 광원의 방향으로 전파되지 않고, 이에 따라 광 검출기들이 +1차 및 -1차 회절 차수들을 수용하기에 적합하게 위치될 수 있다는 것을 의미한다.

[0118] 실시예들의 세트에서, 하나 이상의 광 검출기의 각 세트는 세 개의 광 검출기들을 포함하고, 광 검출기들은 +1차 회절 차수가 광 검출기들 중 제1 광 검출기 상에 충돌하고, 0차 회절 차수가 광 검출기들 중 제2 광 검출기 상에 충돌하고, -1차 회절 차수가 광 검출기들 중 제3 광 검출기 상에 충돌하도록 배열된다.

[0119] 광 검출기들의 이러한 배열은 광이 회절 격자들 상에 충돌하기 전에 분리되고, 광이 회절 격자들 상에 격자가 놓인 평면에 대한 법선에 대해 일정 각도로 충돌하는 실시예들에서 제공될 수 있다. 이러한 배열들에서, -1차, 0차 및 +1차 회절 차수들은 전형적으로 다시 광원의 방향으로 전파되지 않을 것이고, 서로 공간적으로 분리될 것이어서, 광 검출기들이 -1차, 0차 및 +1차 회절 차수들을 수용하도록 위치될 수 있다. 이는 바람직하게는 회절 차수들의 속성들로 인해, 차동 신호가 발생될 수 있게 할 수 있다. 배열에서의 대칭성으로 인해, -1차 및 +1차 회절 차수들의 검출된 강도는 전형적으로 동일할 것이지만, 0차 차수는 차동 신호를 생성하기 위해 -1차 및/또는 +1차 회절 차수들과 함께 사용될 수 있는 상이한 신호를 제공한다. 이들 및 다른 실시예들에서, -1차 및 +1차 회절 차수들로부터의 신호들은 단일 신호로 조합될 수 있다(예를 들어, -1차 및 +1차 회절 차수들을 수신하도록 위치된 광 검출기들로부터의 신호들이 합산될 수 있다).

[0120] 본 발명은 위에서 설명된 바와 같은 광학 변위 센서를 포함하는 광학 마이크로폰(및 다른 유형들의 압력 센서)으로 확장된다. 그러나, 본 발명의 범위 내에서 다른 적용예들이 가능하다. 본 발명은 위에서 설명된 바와 같은 광학 변위 센서를 포함하는 가속도계 또는 지오폰으로 확장된다. 더 일반적으로, 광학 변위 센서는 유체, 음파 또는 진동의 두 볼륨 사이의 압력차와 같은 외부 자극의 측정치를 제공할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0121] 이제, 첨부 도면들을 참조하여, 단지 예로서, 특정한 바람직한 실시예들이 설명될 것이며, 첨부 도면들에서:

도 1은 본 발명의 제1 실시예에 따른 광학 변위 센서의 개략도를 도시하고;

도 2는 세 개의 격자들에 대응하는 검출기 위치들의 표현을 포함하는, 제1 실시예에 따른 세 개의 회절 격자들을 포함하는 복합 회절 격자의 도면을 도시하고;

도 3은 단일 격자를 갖는 광학 변위 센서의 동작 범위들을 나타내는 그래프를 도시한다.

도 4a는 본 발명에 따른 광학 변위 센서의 제2 실시예의 개략적인 정면도를 도시하고;

도 4b는 도 4a에 도시된 제2 실시예의 광학 변위 센서의 개략적인 측면도를 도시하고;

도 4c는 도 4a 및 도 4b에 도시된 제2 실시예의 광학 변위 센서의 개략적인 평면도를 도시하고;

도 5a는 본 발명에 따른 광학 변위 센서의 제3 실시예의 개략적인 정면도를 도시하고;

도 5b는 도 5a에 도시된 제3 실시예의 광학 변위 센서의 개략적인 평면도를 도시하여, 광학 경로들의 단면들과 광학 경로들이 충돌하는 광학 표면들을 도시하고;

도 5c는 도 5a 및 도 5b에 도시된 실시예의 광학 변위 센서에 대한 예시적인 광 검출기 레이아웃의 개략적인 평면도를 도시하고;

도 6은 제4 실시예에 따른 광학 변위 센서의 개략적인 정면도를 도시하고;

도 7은 제5 실시예에 따른 광학 변위 센서의 개략적인 정면도를 도시하고;

도 8은 제6 실시예에 따른 광학 변위 센서의 개략적인 정면도를 도시하고; 그리고

도 9는 제7 실시예에 따른 광학 변위 센서의 개략적인 정면도를 도시한다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0122] 도 1은 본 발명의 제1 실시예에 따른 광학 변위 센서(2)를 도시한다. 이 예에서, 광학 변위 센서(2)는 광학 마이크로폰의 일부를 형성한다. 광학 변위 센서(2)는 – 반사 표면을 갖고 주변 음파에 반응하여 진동하는 – 멤브레인(4)을 포함한다. 광학 변위 센서(2)는 도 2를 참조하여 아래에서 상세히 설명되는 복합 회절 격자(6)를 더 포함한다. 광학 변위 센서(2)는 광원(8) 및 여섯 개의 검출기들(10)을 더 포함하며, 이들 중 두 개가 도 1에 도시된 도면에서 보인다. 광원(8)은 광(12)을 렌즈(14)를 통해 회절 격자(6) 상으로 지향시키도록 위치된다. 광(12)은 광원으로부터 빔 각도(Θ_v)로 방출된다. 렌즈(14)는 광(12)을 시준하며, 이는 이어서 평면파로서 복합 회절 격자(6) 상에 충돌한다.

[0123] 이 예 및 아래에서 설명되는 다른 특정 실시예들에서, 격자는 회절 격자(들)에 대해 이동하는 멤브레인의 반사 표면이지만, 변형예들 및 다른 예들에서, 격자(들)는 고정된 반사 표면(예를 들어, 기판의 표면)에 대해 이동할 수 있다. 예를 들어, 이 실시예에서의 복합 회절 격자는 멤브레인 상에 제조될 수 있다. 일부 변형예들 및 다른 예들에서, 예를 들어, 복수의 격자들이 멤브레인 상에 증착되는 경우, (예를 들어, 아래에서 논의되는 높이 오프셋 대신) 광학 위상 오프셋들이 광학 지연 막들을 사용하여 제공될 수 있거나, 고정된 반사 표면이 높이 오프셋들을 제공할 수 있다(예를 들어, 리세스들이 반사 표면 내에 제공될 수 있다).

[0124] 멤브레인이 음파의 존재 시에 진동함에 따라, 멤브레인과 복합 회절 격자 사이의 분리는 변화한다. 도 1에서, 분리는 갭(g)에 의해 표시된다. 멤브레인이 음압파를 받지 않을 때, 멤브레인은 복합 회절 격자로부터 "제로 변위" 위치에서의 평형 분리만큼 이격되며, 이는 이 예에서, 복합 회절 격자에 대한 탤벗 길이의 반정수(half-integer) 배이다(즉, 이는 다음 식을 만족시킨다)

[0125] $$L = \frac{T_z n}{2}, \qquad [식\ 5]$$

[0126] 여기서 n은 정수이고, T_z는 다음에 의해 정의되는 탤벗 길이이다:

[0127] $$T_z = \frac{\lambda}{1-\sqrt{1-\frac{\lambda^2}{p^2}}}, \qquad [식\ 6]$$

[0128] 여기서 λ는 광의 파장이고, p는 복합 격자의 격자 주기이다. 식 7은 대략적으로 다음과 같이 표현될 수 있다:

[0129] $$p \approx \sqrt{g\lambda} \qquad [식\ 7]$$

[0130] 상기에서, L은 복합 격자와 멤브레인 사이에서 광에 의해 이동되는 광학 경로 길이이다. 본 예에서, 광이 복합 격자상에 법선으로 입사되기 때문에, 복합 격자와 멤브레인 사이에서 이동하는 광에 대한 광학 경로 길이(L)은 복합 격자와 멤브레인 사이의 평형 분리와 동일하다.

[0131] 위에서 논의된 바와 같이, 광학 경로 길이 L(그리고 이에 따라 멤브레인과 복합 격자 사이의 간격)에 대한 이 조건은 회절로 인한(예를 들어, 멤브레인과 복합 격자 사이의 에어 갭에서의 다중 반사 및 흡수를 통한) 광 손실을 감소시킨다. 예를 들어, 본 실시예에서, 광학 경로 길이 L은 대신 식 3을 만족시킬 수 있고, 이는 또한 회절로 인한 손실을 감소시킨다는 것이 상기한 개시 내용으로부터 이해될 것이다.

[0132] 도 2는 복합 회절 격자(6)를 도시한다. 이 예에서, 복합 회절 격자(6)는 원형 형상을 갖고, 여섯 개의 섹터들로 분할되어, – 각각이 회절 격자 영역들의 각 쌍을 포함하는 – 세 개의 회절 격자들을 규정한다. 제1 회절 격자(14)는 제1 회절 격자 영역들(14a, 14b)을 포함하고; 제2 회절 격자(16)는 회절 격자 영역들의 제2 쌍(16a, 16b)을 포함하고; 제3 회절 격자(18)는 회절 격자 영역들의 제3 쌍(18a, 18b)을 포함한다. 회절 격자 영역들

(14a, 14b, 16a, 16b, 18a, 18b) 모두는 동일한 격자 주기를 갖는다. 각 회절 격자(14, 16, 18)는 대응하는 검출기들의 쌍을 갖는다. 제1 회절 격자(14)는 검출기들의 제1 쌍(20a, 20b)에 대응한다. 제2 회절 격자(16)는 검출기들의 제2 쌍(22a, 22b)에 대응한다. 제3 회절 격자(18)는 검출기들의 제3 쌍(24a, 24b)에 대응한다.

[0133] 제1 회절 격자(14)의 회절 격자 영역들(14a, 14b)은 (복합 회절 격자(6)의 제1 직경에 대해) 서로 정반대에 있고, 각 격자 영역은 격자 라인들이 준-방사상으로 배향된 선형 회절 격자를 포함한다. 이와 관련하여 준-방사상으로는 격자 라인들이 서로 평행하고 제1 직경에 대해 평행하다는 것을 의미하도록 사용된다. 검출기들의 제1 쌍(20a, 20b)은 또한 (제1 직경에 수직하는 복합 회절 격자의 제2 직경에 대해) 서로 정반대에 있다.

[0134] 광(12)이 복합 회절 격자 상에 입사될 때, 광의 일부는 제1 회절 격자(14)를 조명한다. 이러한 광의 일부의 제1 부분은 제1 회절 격자(14)를 통해 투과되어, 멤브레인(4)에 의해 반사된 다음, 제1 회절 격자(14) 상에 다시 입사된다. 제1 회절 격자(14)는 이러한 광의 제1 부분을 투과시키고, -1차, 0차 및 +1차 회절 차수들을 포함하여, 다수의 회절 차수들로 회절시킨다. 제1 회절 격자를 조명하는 광의 제2 부분은 제1 회절 격자에 의해 반사되고, -1차, 0차 및 +1차 회절 차수들을 포함하여, 다수의 회절 차수들로 회절된다.

[0135] 각 경우에, 0차 회절 차수는 다시 광원을 향해 지향된다. -1차 및 +1차 회절 차수들은 제1 회절 격자로부터 0차 차수에 대한 일정 각도로 나오고, 이에 따라 제1 회절 격자의 격자 라인들에 수직한 방향에서 0차 회절 차수로부터 공간적으로 분리된다. 광 검출기들(20a, 20b)은 -1차 회절 차수가 하나의 광 검출기(20a) 상에 입사되고, +1차 회절 차수가 다른 광 검출기(20b) 상에 입사되도록 위치된다. 각 경우에, 입사광은 제1 및 제2 부분들로부터의 광을 포함한다. 제1 광 부분이 멤브레인과 제1 회절 격자 사이의 갭을 통해 이동하는 반면, 제2 부분은 그렇지 않으므로 멤브레인 변위에 종속하는 제1 및 제2 광 부분들의 경로들 사이의 광학 경로 차가 존재한다. 이에 따라, 제1 및 제2 부분들은 각 차수로 회절된 광의 강도가 멤브레인 변위에 종속하도록 간섭한다. 이에 따라, 광 검출기(20a, 20b)에서 검출된 -1차 및 +1차 회절의 강도는 멤브레인 변위를 결정하는 데 사용될 수 있다.

[0136] 제2 및 제3 회절 격자들은 제1 회절 격자에 대한 높이 오프셋들을 갖고, 이는 아래에서 상세히 논의된다. 그렇지 않으면, 제2 회절 격자(16) 및 검출기들의 제2 쌍(22a, 22b)의 구조 및 배향은 제1 회절 격자(14) 및 검출기들의 제1 쌍(20a, 20b)에 대한 것과 동일하지만, 60° 만큼 회전된다. 유사하게, 제3 회절 격자(18) 및 검출기들의 제3 쌍(24a, 24b)은 제1 회절 격자(14) 및 검출기들의 제1 쌍(20a, 20b)에 대해 120° 만큼 회전된다. 각 경우에, 회절 격자들에 의해 생성되는 회절 차수들은 격자 라인들에 수직한 방향에서 분리되며, 이에 따라 회절 격자들의 상이한 배향들이 각 회절 격자에 의해 생성되는 회절 차수들을 이들이 상이한 검출기들 상으로 지향될 수 있도록 공간적으로 분리하는 역할을 한다.

[0137] 위에서 언급된 바와 같이, 세 개의 회절 격자들(14, 16, 18)은 상대적인 높이 오프셋들을 갖는다. 이는 멤브레인에 대해 일정 간격을 갖는 회절 격자에 대해, 회절 차수로 회절된 광의 강도가 대략 선형인 비교적 작은 범위의 멤브레인 변위들만이 존재하기 때문이다. 이는 도 3에 도시되어 있다.

[0138] 도 3은 광의 투과되고 반사된 간섭 부분들의 상대적인 회절 효율을 도시한다. 위에서 언급된 바와 같이, 각 격자(14, 16, 18)에 대해, 각 검출기들(20a, 20b, 22a, 22b, 24a, 24b)은 -1 및 1 차 회절 피크들을 수용하도록 위치된다. 그러나, 다른 차수들이 추가적으로 또는 대안적으로 검출될 수 있다(예를 들어, 다른 실시예들에서, 0차 차수가 -1차 및 +1차 차수들에 추가하여 검출될 수 있다). 제1 라인(26)은 0차 차수 피크에 대응한다. 제2 라인(28)은 +1차 차수 피크에 대응한다.

[0139] 도 3에 도시된 바와 같이, 0차 및 +1차 차수 피크들의 상대적인 회절 효율은 멤브레인과 격자 사이의 거리에 따라 정현파적으로 변하고, 0차와 1차 차수 피크들은 역위상이다. 마이크로폰의 감도는 멤브레인의 변위의 소정의 변화에 대한 출력 신호의 변화에 의해 결정된다. 이에 따라, 도 3으로부터, 라인들(26, 28)이 최대 기울기를 갖고 대략 선형인 동작 범위들(30)에서 최대 감도가 발생한다는 것을 알 수 있다.

[0140] 이에 따라, 각 격자에 대해, 멤브레인의 모션은 $(2n+1)\lambda/8$(여기서 n은 정수임)의 격자와 멤브레인 사이의 거리에 대응하는 작용점들 주위의 대략 $\pm\lambda/16$(대략 ±50 ㎚ 멤브레인 변위에 대응)의 작동 범위들(30) 내에서 단지 고감도를 갖는 것으로 결정될 수 있다. 다른 거리들에서, 저감도(32)의 영역들이 존재한다. 결과적으로, 하나의 격자로 검출될 수 있는 동적 범위는 제한된다. 이에 따라, 광학 변위 센서(2)에서, 멤브레인 위치들의 더 큰 범위를 커버하며, 이에 따라 광학 마이크로폰의 동적 범위를 확장시키기 위해 세 개의 격자들(14, 16, 18)이 상이한 작용점들에 대응하는 멤브레인으로부터의 약간 상이한 거리들에서 제공된다.

[0141] 높이 오프셋이 광의 파장의 스케일 상에 있으므로, 식 5(또는 식 3)가 상대적인 높이 오프셋들을 갖는 다수의

격자들에 대해 적합한 마진 이내로 여전히 만족될 수 있다는 것이 이해될 것이다.

[0142] 도 4a 내지 도 4c는 본 발명에 따른 광학 변위 센서(34)의 제2 실시예를 도시한다. 도 4a는 광학 변위 센서(34)의 개략적인 정면도를 도시하고, 도 4b는 광학 변위 센서(34)의 개략적인 측면도를 도시하며, 도 4c는 광학 변위 센서(34)의 개략적인 평면도를 도시한다.

[0143] 광학 변위 센서(34)는 멤브레인(36), 제1 투명 기판(38), 제2 투명 기판(40) 및 광전자 기판(42)을 포함한다. 두 개의 회절 격자들(44, 46)이 제1 투명 기판(38)의 멤브레인(36)을 향하는 측 상에 제조된다. 제2 투명 기판(40)은 빔 분리 광학 배열체(48), 및 빔 분리 배열체(48)를 둘러싸는 빔 조향 광학 배열체(50)를 포함한다. 이 예에서 빔 분리 배열체(48)는 시준기의 기능을 또한 제공하도록 다수의 패싯들을 갖는 렌즈의 형태이다(그러나 다른 배열체들이 사용될 수 있다). 이 예에서 빔 조향 광학 배열체(50)는 기판 표면 내로 에칭되는 복수의 프리즘들을 포함하지만, 다른 배열체들이 가능하다. 광전자 기판(42)은 광원(52) – 이 예에서 이는 수직 공동 표면 방출 레이저(VCSEL)임 – , 및 여섯 개의 광 검출기들(54a, 54b, 54c, 56a, 56b, 56c)(이들 중 두 개가 도 4a에서 보임)을 포함한다.

[0144] VCSEL은 비시준된 광(58)을 축(60)을 따라 빔 분리 배열체(48)를 향해 지향시키도록 배열된다. 빔 분리 배열체(48)는 비시준된 광(58)을 두 개의 별개의 시준된 빔들(62, 64)로 분리 및 시준하여, 비시준된 광(58)의 축(60)에 대한 일정 각도로 전파하여서, 각 빔(62, 64)이 회절 격자들(44, 46)의 각회절 격자 상으로 지향된다. 각 빔(62, 64)은 도 1을 참조하여 위에서 설명된 것과 동일한 방식으로 각 격자(44, 46) 및 멤브레인(36)과 상호작용한다(즉, 제1 부분(62a, 64a)은 격자(44, 46)를 통과하여, 다시 멤브레인(36)에 의해 격자(44, 46)로 반사된 다음, 격자(44, 46)에 의해 -1차, 0차 및 1차 회절 차수들(66a, 66b, 66c, 68a, 86b, 68c)로 투과 및 회절된다). 제2 부분(62b, 64b)은 격자(36)에 의해 -1차, 0차 및 1차 회절 차수들(66a, 66b, 66c, 68a, 68b, 68c)로 반사 및 회절된다. 도 4c로부터 알 수 있는 바와 같이, 1차 및 +1차 회절 차수들(66a, 66c, 68a, 68c)은 1차, 0차 및 +1차 차수들(66a, 66b, 66c, 68a, 86b, 68c)이 각 회절 격자(44, 46)의 격자 라인들에 수직한 방향을 따라 공간적으로 분리되도록 0차 회절 차수들(66b, 86b)로부터 분리된다.

[0145] 빔 분리 배열체(48)가 두 개의 빔들(62, 64)을 축(60)에 대한 일정 각도로 전파하게 했음에 따라, 광의 제1 및 제2 부분들(즉, 1차, 0차 및 +1차 차수들)(66a, 66b, 66c, 68a, 86b, 68c)은 또한 축(60)에 대한 일정 각도로 전파된다. 이는 1차, 0차 및 +1차 차수들(66a, 66b, 66c, 68a, 86b, 68c)이 빔 분리 배열체(48)에 대해 횡측으로 변위된 영역들에서 제2 투명 기판(40)을 통과하여서, 이들이 빔 조향 광학 배열체(50)를 통과한다는 것을 의미한다. 빔 조향 광학 배열체(50)는 1차, 0차 및 +1차 차수들(66a, 66b, 66c, 68a, 86b, 68c)을 굴절시켜, 이들을 각 빔의 각 회절 차수가 광 검출기들(54a, 54b, 54c, 56a, 56b, 56c) 중 하나 상에 충돌하도록 재지향시킨다.

[0146] 회절 격자들(44, 46)과 조합된 빔 분리 배열체(48)의 배열은 모든 여섯 개의 회절 차수들(즉, 각 빔으로부터의 1차, 0차 및 +1차 차수들)이 빔 조향 광학 배열체(50)에 의해 각 광 검출기들(54a, 54b, 54c, 56a, 56b, 56c) 상으로 조향될 수 있도록 이들이 공간적으로 분리되게 한다. 그 후, 광 검출기들(54a, 54b, 54c, 56a, 56b, 56c)에서 검출된 신호들은 각 빔에 대한(즉, 각 회절 격자에 대응하는) 차동 신호를 생성하는 데 사용될 수 있다.

[0147] 두 개의 회절 격자들(44, 46)은 도 3을 참조하여 위에서 설명된 것과 유사한 방식으로, 광학 변위 센서(34)의 작동 범위를 확장하기 위해 상대적인 높이 오프셋을 갖는다(즉, 각 빔에 대한 신호가 멤브레인(36)의 상이한 작용점에 대응하도록 한다). 이 예에서, 멤브레인(36)과 격자들(44, 46) 사이의 간격은 광 손실을 감소시키는 것과 관련된 이익을 제공하기 위해 광의 각 빔에 대한 격자들(44, 46)로부터 멤브레인(36)까지의 광학 경로 길이가 (위에서 설명된 바와 같이, 적합한 마진 내에서) 탤벗 길이의 반정수 배가 되도록 하지만, 이는 필수적이지 않고 다른 실시예들 및 이 실시예에 대한 변형예들이 이 특징 없이 제공될 수 있다.

[0148] 도 5a 및 도 5b는 각각 본 발명에 따른 광학 변위 센서(70)의 제3 실시예의 개략적인 정면도 및 개략적인 평면도를 도시한다. 도 5a의 실시예는 광학 변위 센서(70)가 세 개의 격자들, 및 대응하는 광 검출기들의 세 개의 세트들을 포함한다는 점을 제외하고는, 도 4a 내지 도 4c의 실시예와 유사하다. 명료화를 위해, 단지 하나의 격자, 및 광 검출기들의 하나의 세트가 도 5a 및 도 5b에 도시되어 있다. 다른 두 개의 격자들, 및 광 검출기들의 세트들의 배치는 도 5b 및 도 5c를 참조하여 아래에서 논의된다.

[0149] 광학 변위 센서(70)는 멤브레인(72), 제1 투명 기판(74), 제2 투명 기판(76) 및 광전자 기판(78)을 포함한다. 도 5a 및 도 5b는 제1 투명 기판(74)의 멤브레인(72)을 향하는 측 상에 제조된 제1 회절 격자(80)를 도시한다.

제2 투명 기판(76)은 빔 분리 배열체(82), 및 빔 분리 배열체(82)를 둘러싸는 빔 조향 광학 배열체(84)를 포함한다. 이 예에서 빔 분리 배열체(82)는 시준기의 기능을 또한 제공하도록 다수의 패싯들을 갖는 렌즈의 형태이지만, 다른 배열들이 가능하다. 이 예에서 빔 조향 광학 배열체(84)는 기판 표면 내로 에칭된 복수의 프리즘들을 포함하며, 이때 각 프리즘은 빔들의 각 빔을 광 검출기들 중 하나 상으로 굴절시키도록 구성되지만, 다른 빔 조향 광학 배열들이 가능하다. 광전자 기판(78)은 광원(86)을 포함하며, 이는 이 예에서 수직 공동 표면 방출 레이저(VCSEL)이다. 도 5b는 세 개의 광 검출기들(88a, 88b, 88c)(이들 중 하나가 도 5a에서 보임)의 하나의 세트를 도시한다.

[0150] 도 5a에 도시된 바와 같이, VCSEL(86)은 비시준된 광(90)을 Θ_L의 빔 각도로 방출한다. 비시준된 광(90)은 빔 축(92)을 따라 지향된다. 빔 분리 배열체(82)는 비시준된 광(90)을 세 개의 별개의 실질적으로 시준된 빔들(이들 중 제1 빔(94)이 도 5a에 도시되어 있음)로 분리 및 시준한다. 제1 빔(94)은 제1 격자 표면에 수직하고 제1 격자(80)의 격자 라인 방향에 평행한 평면 내에서, 빔 축(92)에 대한 각도 Θ_B로 제1 회절 격자(80)를 향해 전파한다.

[0151] 제1 빔(94)의 제1 부분(96)이 제1 회절 격자(80)를 통과하고, 멤브레인(72)으로부터 반사된다. 그 후, 반사된 제1 부분은 다시 회절 격자(80)를 통과하며, 여기서 이는 -1차, 0차 및 1차 회절 차수들로 회절된다. 제1 빔(94)의 제2 부분(98)이 제1 격자(80)에 의해 반사되며, 이는 이를 -1차, 0차 및 1차 회절 차수들로 회절시킨다. 회절 차수들은 제1 격자(80)의 격자 라인 방향에 수직인 방향에서 공간적으로 분리된다. 빔 조향 광학 배열체(84)는 1차, 0차 및 +1차 회절 차수들 각각을 광 검출기들(88a, 88b, 88c) 각각 상으로 지향시킨다. 제1 및 제2 부분(96, 98)의 회절 차수들은 광 검출기들(88a, 88b, 88c)에서 간섭하여서, 각 광 검출기(88a, 88b, 88c)에서 검출된 광의 강도는 제1 격자(80)와 멤브레인(72) 사이의 분리에 종속한다. 이에 따라, 광의 검출된 강도는 멤브레인 위치가 변함에 따른 멤브레인 변위를 결정하는 데 사용될 수 있다.

[0152] 위에서 논의된 바와 같이, 빔 분리 배열체(82)는 비시준된 광(90)을 세 개의 빔들로 분할한다. 제1 빔(94)에 추가하여, 제2 빔 및 제3 빔이 생성된다. 각 제2 및 제3 회절 격자들은 제2 및 제3 빔들로부터의 각 -1차, 0차 및 +1차 회절 차수들을 생성하는 데 사용되며, 이들은 제1 격자에 관해 위에서 설명된 바와 동일한 방식으로 각 광 검출기들 상으로 지향된다.

[0153] 도 5b는 평면도에서 볼 때, VCSEL(86), 빔 분리 배열체(82), 제1 격자(80), 빔 조향 광학 배열체(84)의 빔 조향 요소(100)(0차 회절 차수를 대응하는 광 검출기 상으로 지향시키도록 구성됨) 및 광 검출기들(88a, 88b, 88c)에 의해 점유되는 영역들의 상대적인 위치를 도시한다. 점선 원(102)은 0차 회절 차수에 대해 이들 요소들 각각 상에 충돌하는 빔의 영역을 도시한다. 각 경우에서 빔 폭은 빔이 충돌하는 요소의 영역보다 더 작다는 것을 알 수 있으며, 이는 에지 회절 효과를 피하기 위한 것이다.

[0154] 또한, 도 5b로부터, VCSEL(86) 및 빔 분리 배열체(82) 외에, 나머지 요소들은 원의 120° 섹터(103) 내에 위치된다는 것을 알 수 있다. 나머지 두 개의 회절 격자들, 및 대응하는 빔 조향 요소들 및 광 검출기들의 세트(도 5b에 도시되지 않음)는 세 개의 섹터들이 평면도에서 원을 함께 형성하도록(여기서 원은 광학 변위 센서(70)의 모든 요소들을 포함함) 도 5b에 도시된 섹터에 대해 120° 및 240° 만큼 회전되는 120° 섹터들 내에 유사하게 위치된다.

[0155] 도 5c는 도 5a 및 도 5b에 도시된 실시예의 광학 변위 센서(70)에 대한 예시적인 광 검출기 레이아웃의 개략적인 평면도를 도시한다. 레이아웃은 3배 회전 대칭을 가져서, 광 검출기들(104, 106)의 세 개의 세트들이 존재하며, 각 세트는 점-선으로 도시된 원(110)의 세 개의 120° 섹터들(108) 중 하나 내에 포함된다. 실선으로 도시된 광 검출기(104)는 각 격자로부터 0차 회절 차수들을 수용하도록 위치된다. 점선으로 도시된 광 검출기(106)는 1차 및 +1차 회절 차수들을 수용하도록 위치된다.

[0156] 도 5a 및 도 5b의 예에서, 세 개의 격자들은 멤브레인이 도 3을 참조하여 위에서 설명된 것과 유사한 방식으로 마이크로폰의 동적 범위를 증가시키기 위해 다수의 작용점들을 제공하기 위한 상대적인 높이 오프셋들을 갖는다.

[0157] 이 예에서, 필수적인 것은 아니지만, 멤브레인과 회절 격자들 사이의 분리는 각 회절 격자에 대해 제1 광 부분에 의해 이동된 광학 경로가 (위에서 논의된 바와 같이 적합한 마진 이내로) 탤벗 길이의 반정수 배가 되도록 선택되어, 광 손실을 감소시키는 것과 관련하여 위에서 논의된 이점들을 제공한다.

[0158] 도 6은 제4 실시예에 따른 광학 변위 센서(112)의 개략적인 정면도를 도시한다. 제4 실시예는 도 4a 내지 도 4c

의 실시예에 대한 변형예로 고려될 수 있지만, 다른 실시예들에서, 예를 들어, 도 5a 내지 도 5c의 실시예들에서, 동일하거나 유사한 변형예들이 제공될 수 있다.

[0159] 광학 변위 센서(112)는 멤브레인(114) 및 두 개의 회절 격자들(116)을 포함한다. 회절 격자들(116)은 멤브레인과 함께, 각각 각 간섭 측정 배열체(118)를 형성한다.

[0160] 멤브레인(112) 및 회절 격자들(114)은 기판(120) 위에 지지된다. (명료화를 위해, 멤브레인(114) 및 회절 격자들(116)을 지지하는 지지 구조체들은 도 6에 도시되지 않는다.) VCSEL(122) 및 여섯 개의 광 검출기들(124)(이들 중 두 개가 도 6에서 보임)이 기판(120) 상에 제공된다.

[0161] 이 실시예에서, VCSEL(122)은 두 개의 방출기들(126)을 포함하는 후방측 방출 VCSEL이다. 두 개의 프리즘들(128)이 VCSEL(122)의 전방 (방출) 표면 내에 형성된다. 렌즈들(130)을 포함하는 시준 광학 배열체가 VCSEL(122)과 회절 격자들(116) 사이에 위치된다.

[0162] 동작 시에, 방출기들(126) 각각은 광(132)의 각 빔을 방출한다. 각 빔은 프리즘들(128) 중 하나를 통과한다. 프리즘들(128)은 빔들(132)을 렌즈들(130)의 각 렌즈 상으로 지향시키며, 이 렌즈들은 빔들(132)을 시준한다. 그 후, 빔들(132)은 회절 격자들(116)의 각회절 격자 상에 충돌한다.

[0163] 빔들(132) 각각은 도 1, 도 4a 및 도 5a를 참조하여 위에서 설명된 것과 동일한 방식으로 각 격자(116) 및 멤브레인(114)과 상호작용한다(즉, 제1 부분은 각 격자(116)를 통과하여 다시 멤브레인(114)에 의해 격자(116)로 반사된 다음, 격자(116)에 의해 -1차, 0차 및 1차 회절 차수들로 투과 및 회절되며, 차수들 각각은 검출기들(124)의 각 검출기 상에 충돌한다). 제2 부분은 각 격자(116)에 의해 -1차, 0차 및 1차 회절 차수들로 반사 및 회절되며, 차수들 각각은 검출기들(124)의 각 검출기 상에 충돌하며, 여기서 제2 부분은 대응하는 제1 부분과 간섭하고 결과적인 신호가 검출기에 의해 측정된다.

[0164] 이에 따라, 이 실시예는 다수의 광원들(즉, 방출기들(126))이 단일 광원으로부터 단일 빔을 분리하기 위해 사용되는 빔 분리 광학 배열체보다는, 별개의 빔들을 제공하기 위해 사용된다는 점에서, 도 4a 내지 도 4c의 실시예로부터 달라진다는 것을 알 수 있다. 또한, 이 특정 예는 조향 기능을 제공하여, 빔들(132)을 렌즈들(130) 상으로 지향시키는 VCSEL 표면 상의 프리즘들(124)을 포함하지만, 이것이 이 실시예 또는 임의의 다른 실시예의 필수적인 특징은 아니다.

[0165] 도 7은 제5 실시예에 따른 광학 변위 센서(134)의 개략적인 정면도를 도시한다. 이 실시예는 또한 도 4a 내지 도 4c의 실시예에 대한 변형예이다. 광학 변위 센서(134)는 대부분의 측면들에서 도 6의 광학 변위 센서(112)와 동일하고, 유사한 방식으로 작동한다. 그러나, 이는 광 빔들이 격자들 상으로 지향되는 방식에서 상이하다.

[0166] 광학 변위 센서(134)는 기판(140) 위에 위치된 멤브레인(136) 및 두 개의 회절 격자들(138)을 포함하며, 기판(140)은 그 위에 장착된 VCSEL(142) 및 여섯 개의 광 검출기들(144)을 갖는다. VCSEL(142)은 각각 광 빔(148)을 제공하는 두 개의 방출기들(146)을 갖는 후방측 방출 VCSEL이다. 그러나, 광 빔들(148)을 지향시키고 시준하기 위해 VCSEL 표면 상의 프리즘들을 별개로 장착된 렌즈들과 갖는 대신에, VCSEL(142)은 그 전방(방출) 표면 상에 렌즈(150)를 갖는다. 렌즈(150)는 광 빔들(148)이 격자들(138) 상에 충돌하도록 이들을 시준하고 지향시킨다.

[0167] 도 8은 제6 실시예에 따른 광학 변위 센서(152)의 개략적인 정면도를 도시한다. 이 실시예는 또한 도 4a 내지 도 4c의 실시예에 대한 변형예이다. 광학 변위 센서(152)는 대부분의 측면들에서 도 7의 광학 변위 센서(134)와 동일하고, 유사한 방식으로 작동한다. 그러나, 이는 광 빔들이 격자들 상으로 지향되는 방식에서 상이하다.

[0168] 광학 변위 센서(152)는 기판(158) 위에 위치된 멤브레인(154) 및 두 개의 회절 격자들(156)을 포함하며, 기판(158)은 그 위에 장착된 VCSEL(160) 및 여섯 개의 광 검출기들(162)을 갖는다. VCSEL(160)은 후방측 발광 VCSEL이다. 그러나, 이 실시예에서, VCSEL(160)은 단일 광 빔(166)을 제공하는 단지 하나의 방출기(164)를 갖는다. 또한, 렌즈 대신에, VCSEL(160)의 전방 (방출) 표면 상에 회절 광학 요소(168)가 존재한다.

[0169] VCSEL의 방출기(164)로부터의 빔(168)은 회절 광학 요소(168) 상에 충돌하며, 이 회절 광학 요소는 빔(166)을 분리시키고 시준하여 두 개의 별개의 시준된 빔들(170)을 생성하며, 이 시준된 빔들은 그 후 회절 격자들(156) 상에 충돌한다.

[0170] 도 9는 제7 실시예에 따른 광학 변위 센서(172)의 개략적인 정면도를 도시한다. 이 실시예는 또한 도 4a 내지 도 4c의 실시예에 대한 변형예이다. 광학 변위 센서(172)는 대부분의 측면들에서 도 6의 광학 변위 센서(112)와

동일하고, 유사한 방식으로 작동한다. 그러나, 이는 광 빔들이 격자들 상으로 지향되는 방식에서 상이하다.

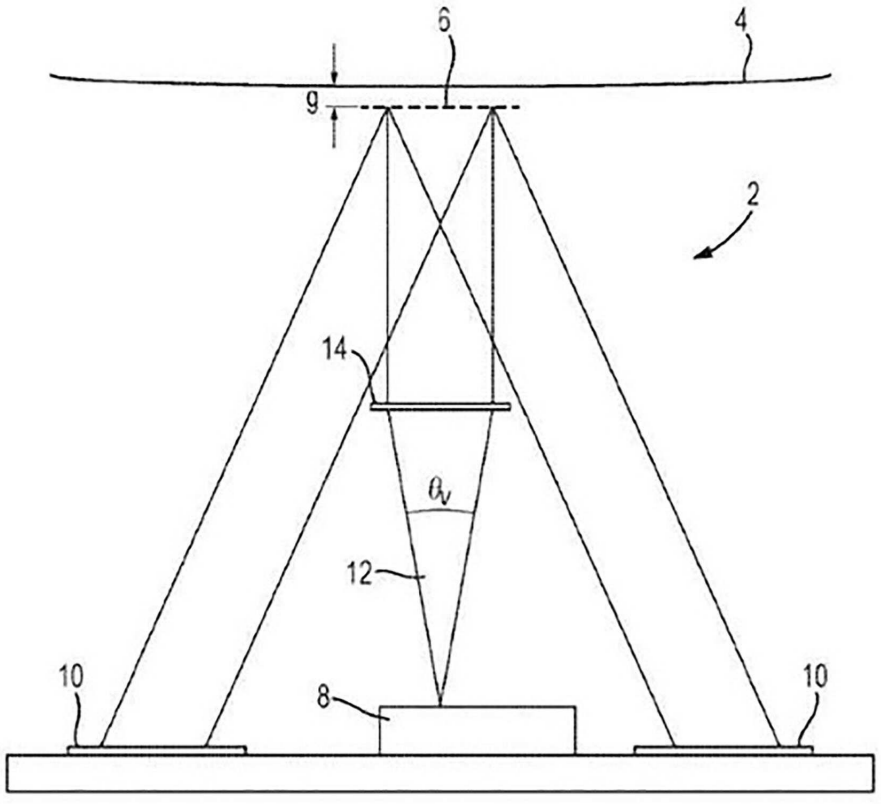
[0171] 광학 변위 센서(172)는 기판(178) 위에 위치된 멤브레인(174) 및 두 개의 회절 격자들(176)을 포함하며, 기판(178)은 그 위에 장착된 VCSEL(180) 및 여섯 개의 광 검출기들(182)을 갖는다. VCSEL(180)은 각 광 빔(186)을 각각 제공하는 두 개의 방출기들(184)을 갖지만, 이 실시예에서, VCSEL(180)은 전방측 방출 VCSEL이고, 그 전방 표면 내에 또는 전방 표면 상에 되는 임의의 프리즘들, 렌즈들 또는 다른 광학 요소들은 갖지 않는다. 대신에, 별개의 단일 렌즈(188)가 VCSEL(180)과 격자들(176) 사이에 위치된다. 이 예에서, 렌즈(188)는 굴절 렌즈이지만, 이는 필수적인 것은 아니다(예를 들어, 다른 실시예들에서, 렌즈(188)는 회절 렌즈일 수 있다). 두 개의 광 빔들(186)은 렌즈(188) 상으로 지향되고, 각 빔(186)은 렌즈(188)의 상이한 부분을 통과하며, 이 렌즈는 빔들(186)을 시준하고 이들을 격자들(176)의 각 격자 상으로 지향시킨다.

[0172] 기술적으로 적용 가능한 경우, 정확히 두 개의 회절 격자들을 갖는 특정 실시예들의 맥락에서 설명된 선택사항인 특징들 및 변형은 또한 세 개 이상의 회절 격자들을 갖는 실시예들에도 적용될 수 있고, 그 반대도 마찬가지이다.

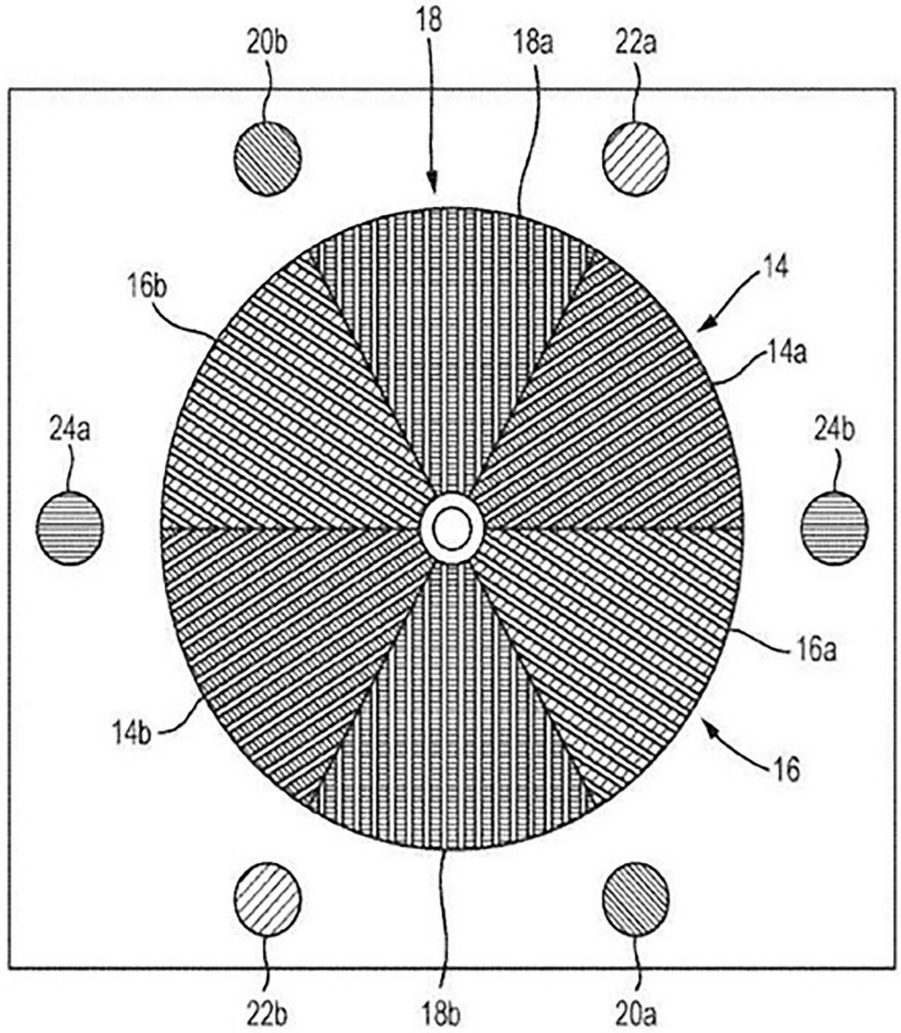
[0173] 위에서 설명된 실시예들은 단지 예시적인 것이고, 첨부된 청구범위에 의해 정의되는 본 발명의 범위 내에서 다른 실시예들 및 변형예들이 가능하다는 것이 이해될 것이다.

도면

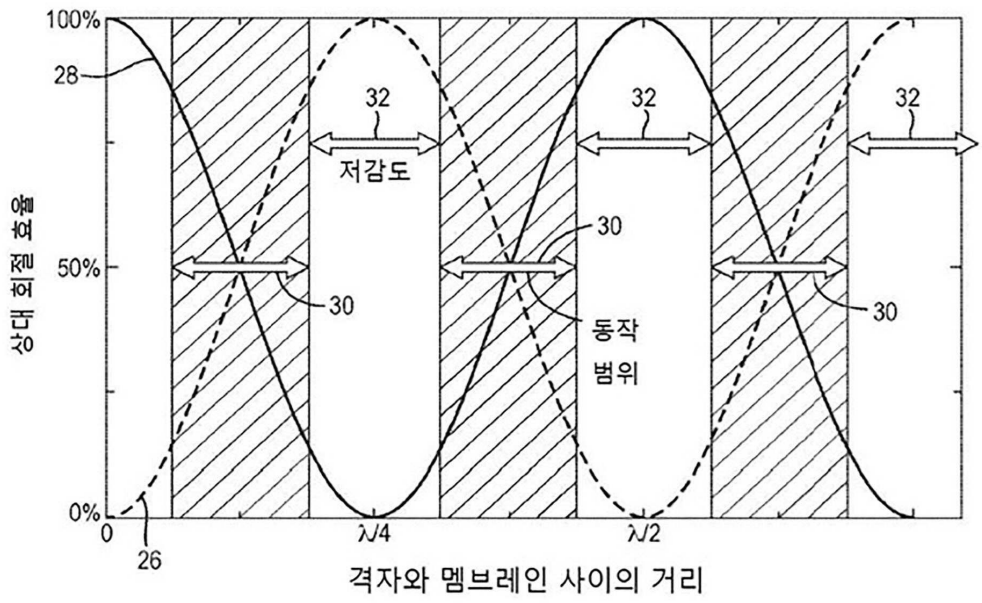
도면1



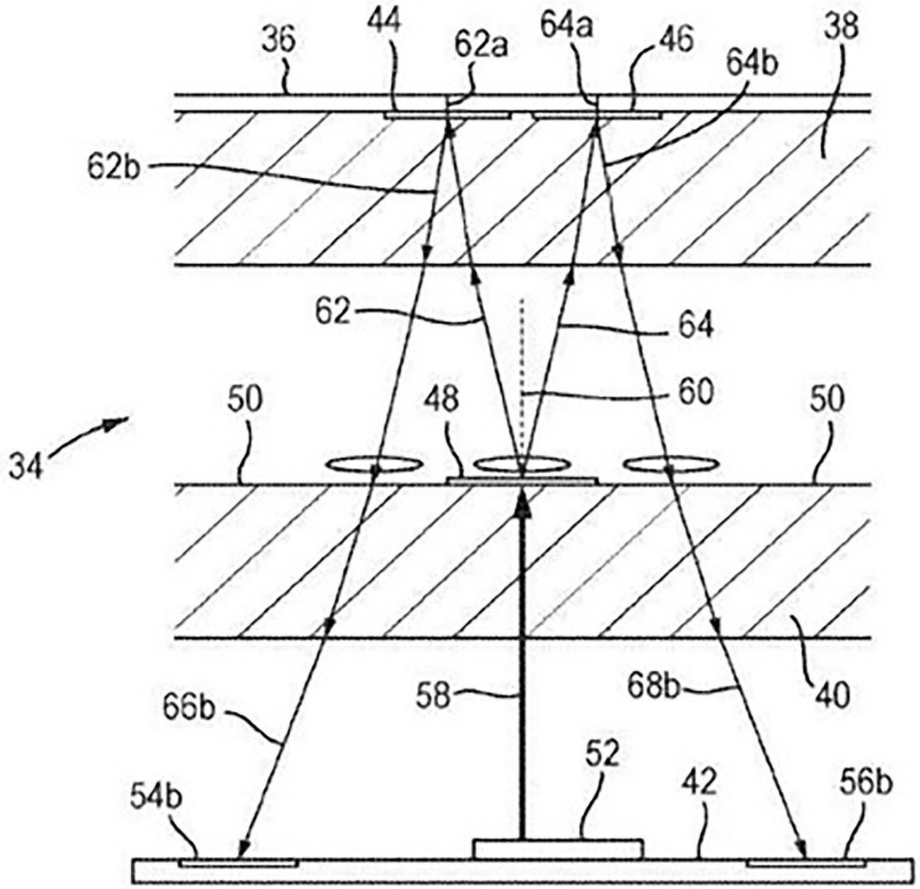
도면2


18
20b
18a
22a
16b
14
14a
24a
24b
16a
14b
16
22b
18b
20a

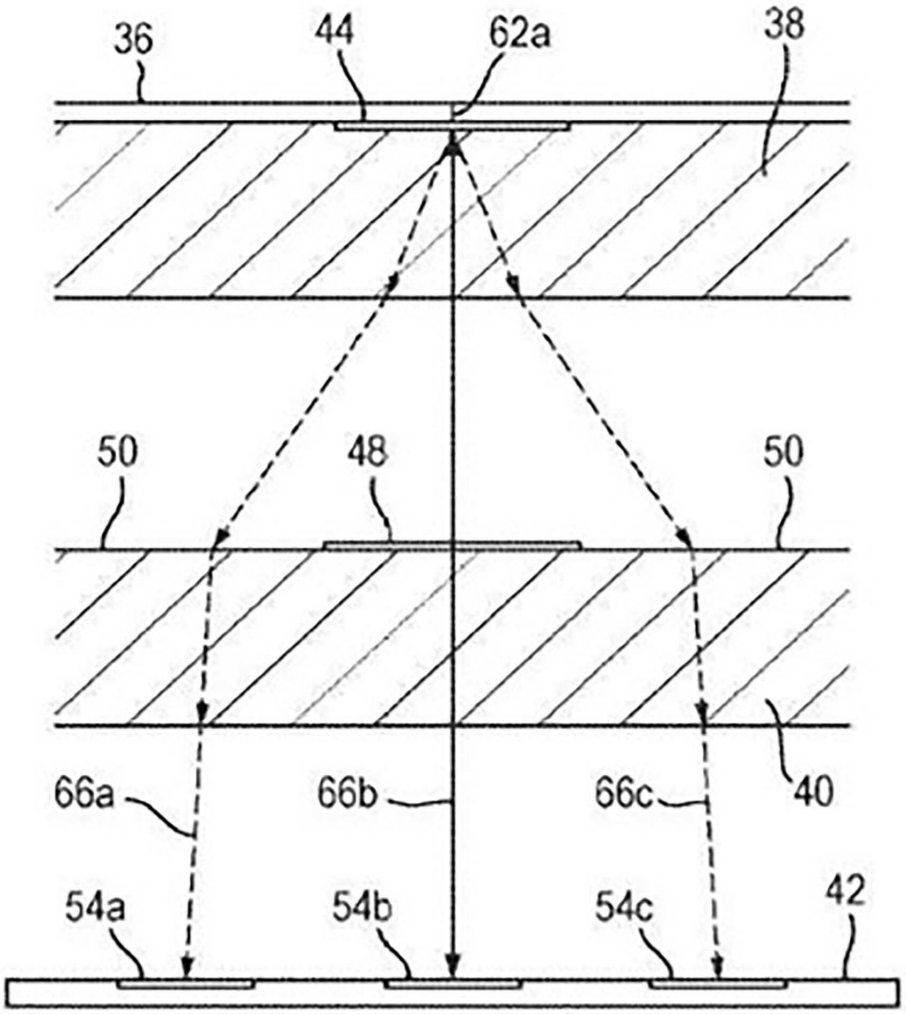
도면3


100%
28
50%
0%
상대 회절 효율
32
32
32
저감도
30
30
30
동작
범위
0
26
λ/4
λ/2
격자와 멤브레인 사이의 거리

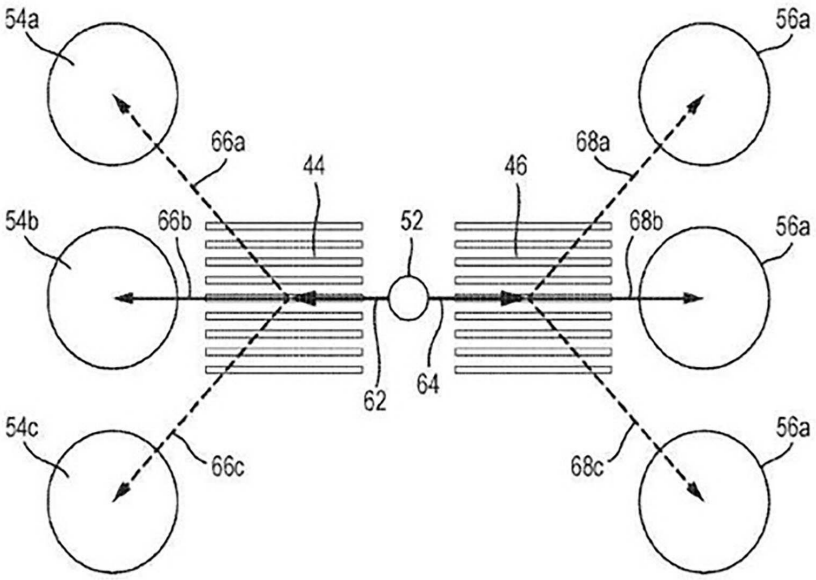
도면4a


36
44
62a
64a
46
64b
38
62b
62
64
50
48
60
50
34
66b
58
68b
40
52
42
54b
56b

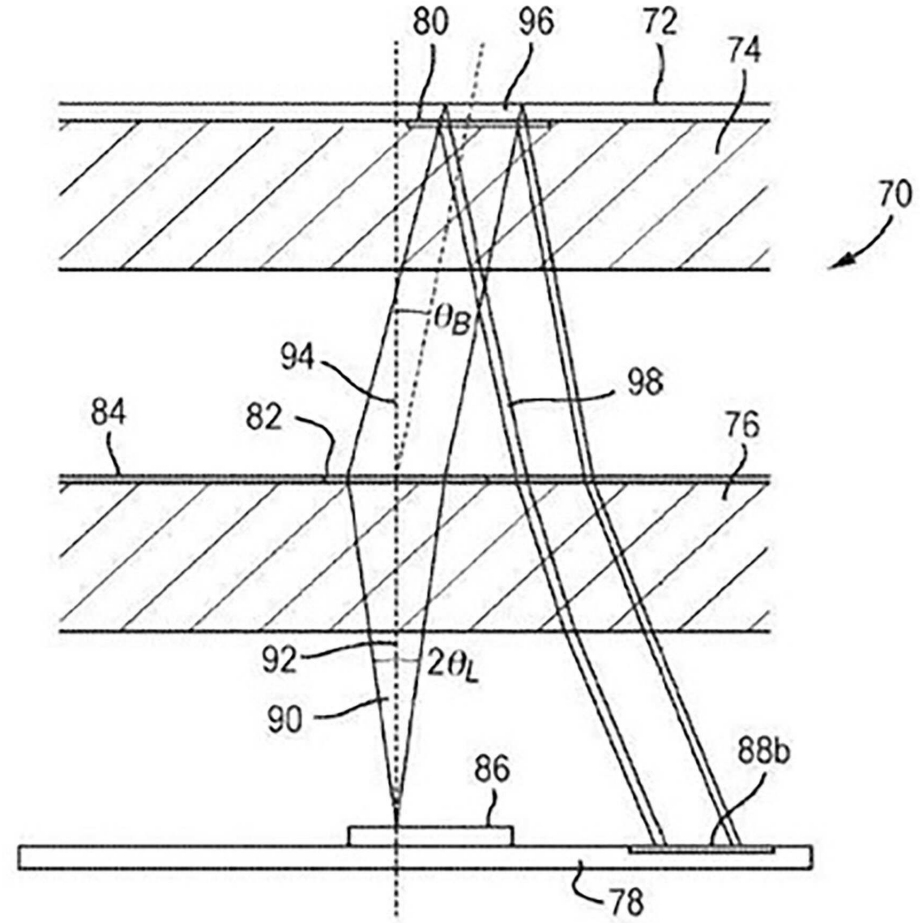
도면4b


36
44
62a
38
50
48
50
66a
66b
66c
40
54a
54b
54c
42

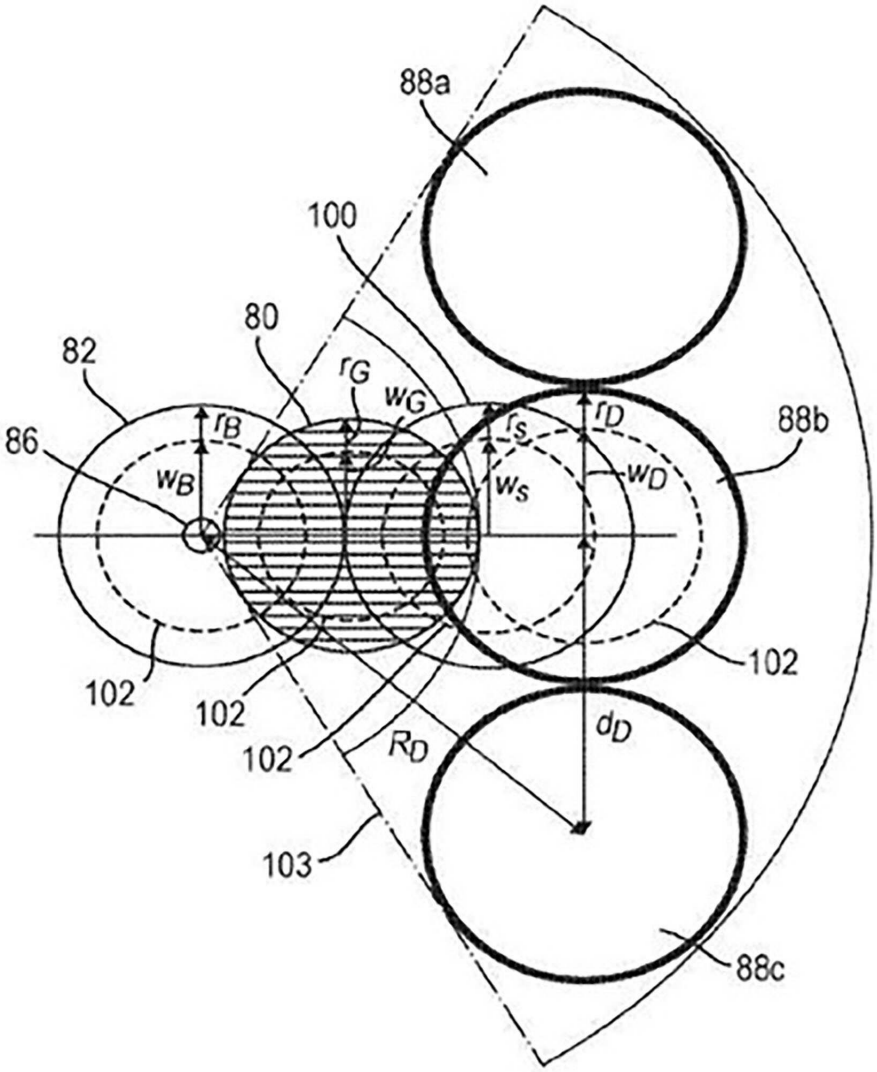
도면4c


54a
56a
66a
44
46
68a
54b
66b
52
68b
56a
62
64
54c
66c
68c
56a

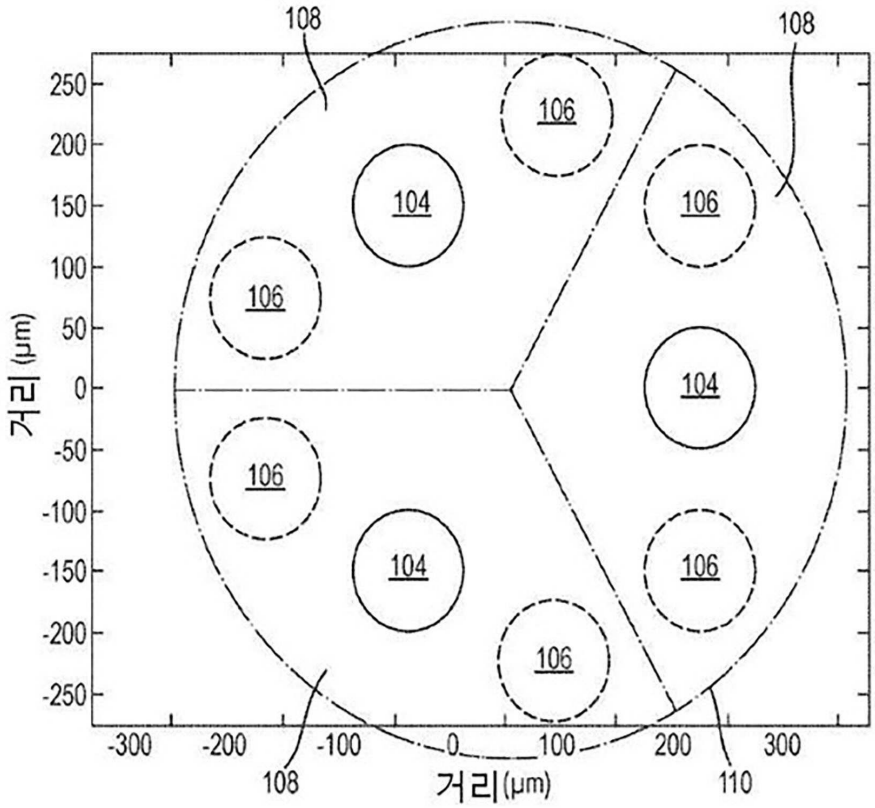
도면5a



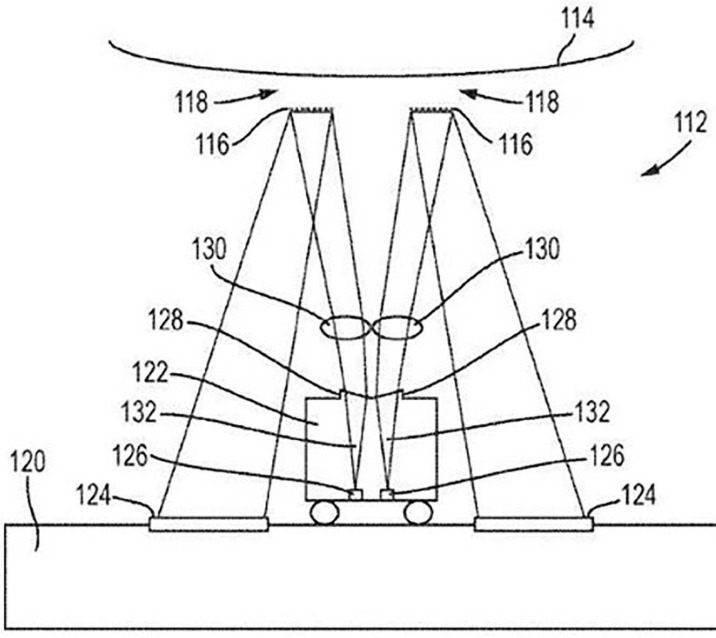
도면5b


88a
100
80
82
86
r_G
w_G
r_B
w_B
r_s
w_s
r_D
w_D
88b
102
102
102
102
R_D
d_D
103
88c

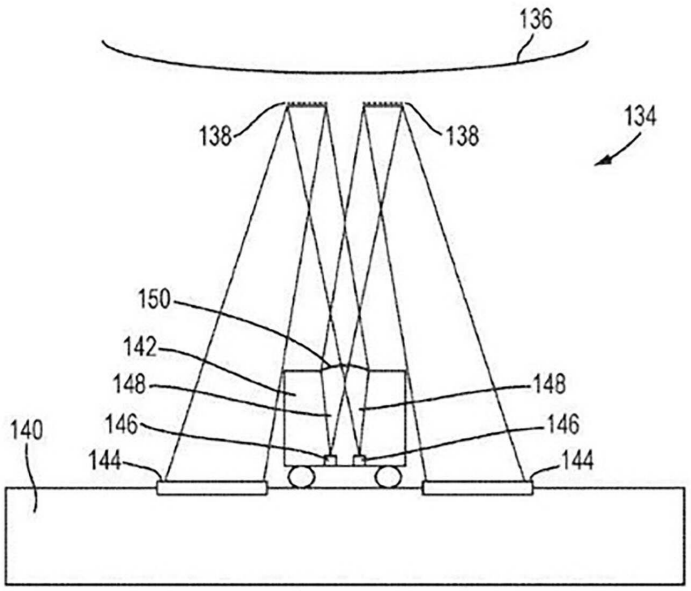
도면5c


108
108
106
104
106
106
104
106
104
106
106
250
200
150
100
50
0
-50
-100
-150
-200
-250
거리 (μm)
-300
-200
-100
0
100
200
300
거리 (μm)
108
110

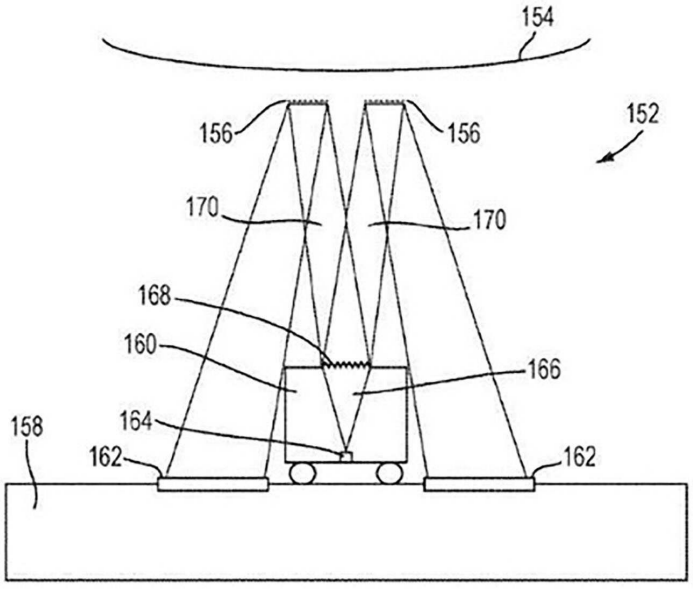
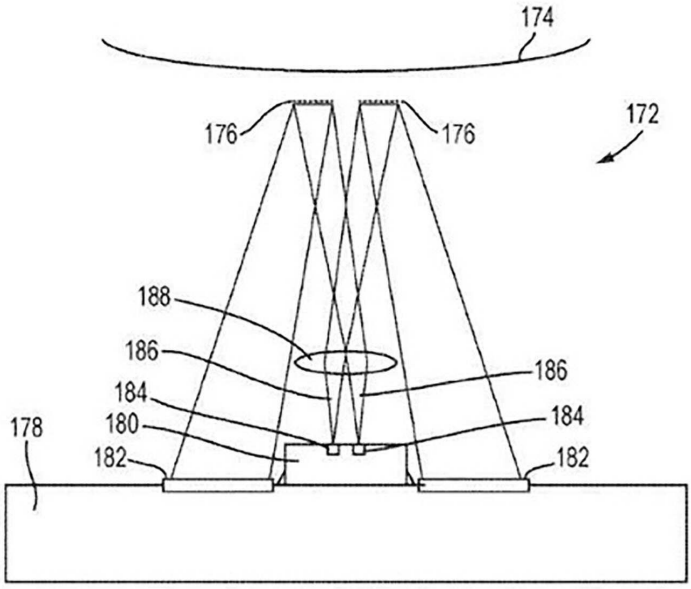
도면6


114
118
118
116
116
112
130
130
128
128
122
132
132
126
126
120
124
124

도면7


136
138
138
134
150
142
148
148
146
146
140
144
144

도면8


154
156
156
152
170
170
168
160
166
158
164
162
162

도면9