



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2012-0128669
(43) 공개일자 2012년11월27일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01B 11/00 (2006.01) F16D 66/00 (2006.01)
G01B 11/16 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2012-7023588
(22) 출원일자(국제) 2011년03월28일
심사청구일자 2012년09월11일
(85) 번역문제출일자 2012년09월10일
(86) 국제출원번호 PCT/JP2011/057560
(87) 국제공개번호 WO 2011/122536
국제공개일자 2011년10월06일
(30) 우선권주장
JP-P-2010-083537 2010년03월31일 일본(JP)

(71) 출원인
다이요 유덴 가부시카이가이사
일본국 도쿄도 다이토쿠 우에노 6초메 16반 20고
(72) 발명자
오야마 카츠히로
일본국 도쿄도 다이토쿠 우에노 6초메 16반 20고
다이요 유덴 가부시카이가이사 내
이케다 마사토
일본국 도쿄도 다이토쿠 우에노 6초메 16반 20고
다이요 유덴 가부시카이가이사 내
(74) 대리인
이창범, 박준용

전체 청구항 수 : 총 7 항

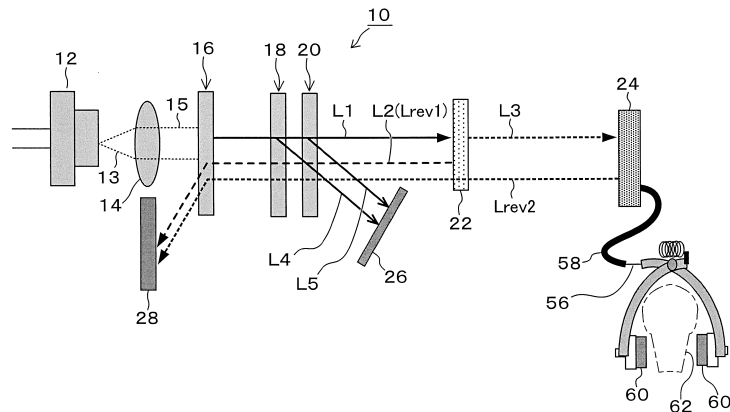
(54) 발명의 명칭 **변위 계측 방법 및 변위 계측 장치**

(57) 요약

광학소자의 경사 정밀도의 영향을 받지 않고, 구성이 간단하고 소형화가 가능하며, 회절격자의 면 방향의 위치 어긋남에 대하여도 영향이 작고, 광학 분해능의 조정이 가능한 변위계측을 수행한다.

레이저 광원(12)로부터의 레이저 광(13)을 콜리메이터 렌즈(14)에 의하여 평행광(15)으로 하고, 제1 회절격자(16)를 통과시켜 반투과 반반사 미러(22)까지 진행시키고 일부를 반사시켜 제1 회절격자(16)를 통과하는 제1 회귀광(Lrev1)으로 한다. 평행광(15)의 나머지는 전반사 미러(24)까지 진행하여 반사되어, 반투과 반반사 미러(22) 및 제1 회절격자(16)를 통과하는 제2 회귀광(Lrev2)이 된다. 제1 회절격자(16)에 의한 제1 및 제2 회귀광(Lrev1, Lrev2)의 소정 차수의 회절광을, 제1 광 센서(28)에 의하여 광량 검출하여, 반투과 반반사 미러(22)에 대한 전반사 미러(24)의 축 방향의 상대적 이동량에 대응하는 간섭 무늬 또는 그 신호로부터 변위량을 얻는다.

대표도 - 도1



특허청구의 범위

청구항 1

광원으로부터 발사된 광을 콜리메이터 렌즈에 의해 평행광으로 하고,

상기 평행광을 그 광축 상에 배치된 제1 회절 격자를 통과시키고, 또한 상기 광축 상에 상기 제1 회절 격자에 대향하여 배치된 반투과(半透過) 반반사(半反射) 미러까지 진행시키고,

상기 반투과 반반사 미러에 의해, 상기 평행광의 일부를 반사시켜서 상기 제1 회절 격자까지 돌아오는 제1 회귀광으로 하고, 상기 평행광의 나머지를 상기 반투과 반반사 미러에 대하여 상기 광축 상에서 상대적으로 위치 변화가 가능하도록 배치된 전반사 미러까지 진행시키고,

상기 제1 회귀광을 상기 제1 회절 격자에 의해, 상기 제1 회귀광과 같은 방향으로 진행하는 0차광 및 상기 0차광에 대하여 회절각을 가지는 $\pm n$ 차광(n 은 1 이상의 자연수)으로 나누어서 진행시키고, 상기 $\pm n$ 차광 중 소정 차수의 회절광을 제1 광 센서로 수광하여 광량을 검출하는 것과 함께,

상기 반투과 반반사 미러를 통과하여, 상기 전반사 미러까지 진행한 상기 평행광을 상기 전반사 미러에 의하여 반사시켜서, 상기 반투과 반반사 미러를 통과하여 상기 제1 회절 격자까지 돌아오는 제2 회귀광으로 하고,

상기 제1 회절 격자에 도달한 상기 제2 회귀광을 상기 제1 회절 격자에 의해, 0차광과 $\pm n$ 차광으로 나누어서 진행시키고, 상기 $\pm n$ 차광 중 상기 소정 차수의 회절광을 상기 제1 회절 격자에서 수광하여 광량을 검출하고,

상기 반투과 반반사 미러에 대한 상기 전반사 미러의 상대적 인 이동량에 대응하는 간섭무늬 또는 그 신호로부터 상기 평행광의 축 방향의 제1 변위량을 측정하는 것을 특징으로 하는 변위 측정 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 제1 회절 격자와 상기 반투과 반반사 미러 사이로서 광의 광축 상에 배치된 제2 회절 격자에 의해, 상기 제1 회절 격자를 통과한 평행광을 상기 평행광과 같은 방향으로 진행하는 0차광과 $\pm n$ 차광으로 나누어서 진행시키고,

상기 제2 회절 격자와 상기 반투과 반반사 미러 사이에 상기 제2 회절 격자에 대향하여 상기 광축 상에서 이동 가능하도록 배치되고 상기 제2 회절 격자와 동일한 격자 피치를 가지는 제3 회절 격자에 의해, 상기 제2 회절 격자를 경유한 0차광을 또한 같은 방향으로 진행하는 0차광과 $\pm n$ 차광으로 나누어서 진행시키고,

상기 제2 및 제3 회절 격자를 경유한 $\pm n$ 차광 중 상기 제2 회절 격자에 의한 소정 차수의 회절광의 광축을 따르는 회절광을 제2 광 센서로 수광하여 광량을 검출하는 것과 함께,

상기 제2 회절 격자에 대한 상기 제3 회절 격자의 이동량에 대응하는 간섭무늬 또는 그 신호로부터 상기 평행광의 축 방향의 제2 변위량을 측정하는 것을 특징으로 하는 변위 측정 방법.

청구항 3

광원;

상기 광원으로부터 발사된 광을 평행광으로 바꾸기 위한 콜리메이터 렌즈;

상기 평행광의 광축 상에 배치되고, 상기 평행광을 같은 방향으로 진행하는 0차광과 $\pm n$ 차광으로 나누는 제1 회절 격자;

상기 평행광의 광축 상에 상기 제1 회절 격자와 대향하여 배치되고, 상기 제1 회절 격자를 통과한 평행광의 일부를 반사시켜서 상기 제1 회절 격자까지 돌아오는 제1 회귀광으로 하며, 상기 평행광의 나머지를 통과시키는 반투과 반반사 미러;

상기 반투과 반반사 미러에 대하여, 상기 광축 상에서 상대적으로 위치 변화가 가능하도록 배치되고, 상기 반투과 반반사 미러를 통과한 평행광을 반사시켜서, 상기 반투과 반반사 미러를 통과하여 상기 제1 회절 격자까지

돌아오는 제2 회귀광으로 하는 전반사 미러; 및

상기 제1 회절 격자에 의해 회절된 상기 제1 및 제2 회귀광의 $\pm n$ 차광 중 제1 회귀광의 소정 차수의 회절광의 광축을 따르는 회절광을 수광하여 광량을 검출하는 제1 광 센서;

를 포함하고,

상기 반투과 반반사 미러에 대한 상기 전반사 미러의 상대적인 이동량에 대응하는 간섭무늬 또는 그 신호로부터 상기 평행광의 축 방향의 제1 변위량을 측정하는 것을 특징으로 하는 변위 측정 장치.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 제1 회절 격자와 상기 반투과 반반사 미러 사이에서 상기 평행광의 광축 상에 배치되고, 상기 제1 회절 격자를 통과한 평행광을 상기 평행광과 같은 방향으로 진행하는 0차광과 $\pm n$ 차광으로 나누어서 진행시키는 제2 회절 격자;

상기 제2 회절 격자와 상기 반투과 반반사 미러 사이에 상기 제2 회절 격자에 대하여 상기 광축 상에서 이동 가능하도록 배치되고, 상기 제2 회절 격자와 동일한 격자 피치를 가지는 것과 함께, 상기 제2 회절 격자를 경유한 0차광을 또한 같은 방향으로 직진하는 0차광과 $\pm n$ 차광으로 나누어서 진행시키는 제3 회절 격자; 및

상기 제2 및 제3 회절 격자를 경유한 $\pm n$ 차광 중 상기 제2 회절 격자에 의한 소정 차수의 회절광의 광축을 따르는 회절광을 수광하여 광량을 검출하는 제2 광 센서;

를 구비하는 것과 함께,

상기 제2 회절 격자에 대한 제3 회절 격자의 이동량에 비례하는 간섭무늬 또는 그 신호로부터 상기 평행광의 축 방향의 제2 변위량을 측정하는 것을 특징으로 하는 변위 측정 장치.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 제3 회절 격자가 상기 제2 회절 격자와 대향하는 면에 단차를 가지는 위상판을 마련하고, 상기 제2 광 센서로서 2분할 광 센서를 이용하는 것과 함께,

상기 2분할 광 센서로부터 출력되는 2개의 신호를 합성하는 연산 수단

을 구비한 것을 특징으로 하는 변위 측정 장치.

청구항 6

제3항에 있어서,

상기 광원, 상기 콜리메이터 렌즈, 상기 제1 회절 격자, 상기 반투과 반반사 미러 및 상기 제1 광 센서가 투명 수지 성형체 내에 마련된 공간에 설치되는 것과 함께,

상기 전반사 미러가 상기 투명 수지 성형체의 외부에 배치되고,

상기 투명 수지 성형체와 상기 전반사 미러가 상대 이동 가능하도록 어느 일방(一方)이 축을 따라 이동 가능하도록 설치된 것을 특징으로 하는 변위 측정 장치.

청구항 7

제4항 또는 제5항에 있어서,

상기 광원, 상기 콜리메이터 렌즈, 상기 제1 회절 격자, 상기 제2 회절 격자, 상기 제3 회절 격자, 상기 반투과 반반사 미러, 상기 제1 광 센서 및 상기 제2 광 센서가 투명 수지 성형체 내에 마련된 공간에 배치되고,

상기 전반사 미러가 상기 투명 수지 성형체의 외부에 배치되고,

상기 투명 수지 성형체와 상기 전반사 미러가 상대 이동 가능하도록 어느 일방이 축을 따라 이동 가능하도록 설치되는 것과 함께,

상기 투명 수지 성형체가 상기 제2 회절 격자와 상기 제3 회절 격자가 평행 상태를 유지하도록, 이들 2개의 회절 격자를 경계선에 신축 가능한 탄성을 나타내는 것을 특징으로 하는 변위 계측 장치.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 광 간섭을 이용한 변위 계측 방법 및 변위 계측 장치에 관한 것으로, 더욱 구체적으로는 계측 범위의 확대에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 최근, 환경 보호와 건강상의 관점에서 승용차로 이동하던 사람들이 전동 어시스트 자전거에 주목하게 되었다. 특히 전동 어시스트 자전거 중에서도 1회의 충전에 의해 긴 거리를 주행할 수 있고, 에너지의 회생 충전이 수행되는 자전거가 중시되었다. 이와 같은 배경으로부터 브레이크 시의 회생 충전에서 제동이 걸리고 나서 대응하는 것이 일반적이다. 하지만 제동이 걸리고 나서 회생 충전으로 이용하는 것만으로는 이용 효율이 낮기 때문에, 브레이크를 걸기 위해 브레이크 레버를 당기기 시작한 제동 전의 상태부터 회생 충전으로 이용할 수 있으면 좋다. 그러기 위해서는 브레이크 레버를 당기기 시작한 제동 전의 상태, 즉 브레이크 와이어의 장력이 걸린 상태를 감지하고, 상기 브레이크 와이어의 장력에 비례한 미소(微小)한 이동량(변위량)을 측정하는 수단이 필요하다.

[0003] 도 16의 (A) 및 도 16의 (B)에는 전동 어시스트 차량의 브레이크 레버 조작량과 제동력의 관계가 도시된다. 전술한 전동 어시스트 자전거 등에서는 브레이크 레버를 쥐기 시작했을 때, 도 16의 (A)에 도시하는 유희 구간에서의 브레이크 와이어의 이동량에 대응하는 브레이크 레버의 조작량을 측정하는 것이 필요하다. 다음으로, 브레이크 패드가 차륜의 회전을 방해하기 위해서 제동을 걸기 시작한 시점[기계 브레이크 동작점(P1)]을 브레이크 와이어의 연장(延長)에 의하여 감지하는 것이 필요하다. 이는 제동이 걸리는 전후에 있어서, 회생 제동과 기계 제동 사이에서 제어가 원활하게 수행되지 않으면, 탑승자를 포함한 드라이버가 급브레이크를 건 것 같은 위화감을 느끼거나, 제동력의 부족감을 느끼기 때문이다.

[0004] 특히 전동 어시스트 자전거 등의 브레이크에서는 드라이버에 의한 와이어 교환이나 와이어 텐션 조정에 의해 유희 구간이 조정되고, 기계 브레이크가 발생할 때까지의 브레이크 레버 조작량이 도 16의 (B)에 도시하는 바와 같이, 상기 기계 브레이크 동작점(P1)으로부터 브레이크 동작점(P2)으로 어긋나는 일이 용이하게 일어날 가능성이 있다. 종래는 브레이크 레버의 조작량만을 검출하고, 미리 설정한 기계 브레이크 시작의 조작량에 도달했을 때를 기계 브레이크 시작이라고 판단하였다. 그렇기 때문에 전술한 사용자에게 의한 조정 후의 기계 브레이크 동작점(P2)에 대응할 수 없어, 회생 제동과 기계 제동 사이에서의 제어가 원활하게 수행할 수 없게 된다는 단점이 있다. 따라서 회생 충전의 효율을 최대한으로 향상시키기 위해서는 브레이크 와이어의 이동량과 브레이크 와이어의 연장량의 쌍방을 동시에 또는 시계열적으로 측정하는 것에 의해, 기계 브레이크의 시작 시점을 직접 검출할 수 있는 구조인 것이 바람직하다.

[0005] 전술한 브레이크 와이어의 이동량이나 연장량 등의 미소한 변위를 측정하는 수법으로서, 종래는 광 간섭계가 이용된다. 도 17의 (A)에 도시하는 마이켈슨 간섭계(200)는 레이저 광원(202); 레이저광을 평행광으로 바꾸는 콜리메이터 렌즈(204); 빔을 2분할하여 일방을 고정 미러(208)에 조사(照射)하고 타방을 가동 미러(210)에 조사하는 스플리터(206); 이들 2개의 반사광을 간섭시키는 광 센서(212);에 의해 구성된다. 마이켈슨 간섭계(200)에서는 고정측 유닛(214)에 대하여 가동 미러(210)가 빔 방향으로 1파장 움직이면 검출기 상에 광의 명암이 2회 발생한다. 이 광의 명암은 도 17의 (B)에 도시하는 바와 같이, 간섭무늬(216)로서 관찰된다. 이 때의 1파장 이하의 변위는 이 명암의 경사의 전압값을 독출하는 것에 의해 검출할 수 있다. 또한 1파장 이상의 변위에 대해서는 이 명암(간섭무늬)이 몇 번 발생하였는지를 발견하는 것에 의해 변위를 계측할 수 있다. 즉 미러의 이동에 대하여 왕복으로 2배의 광로 차이가 발생하는 것으로부터, 도 17의 (C)에 도시하는 바와 같이, 변위(이동 거리)=1파장×명암수×2에 의해 산출할 수 있다(또한 어느 방향으로 이동하였는지를 검출하는 수단은 별도로 필요하다). 이와 같은 광 간섭을 이용한 기술로서는 예컨대 하기의 특허문헌 1에 도시하는 위상차 검출기 및 위상차 검출 방법이 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0006] (특허문헌 0001) 1. 일본 특개 2007-271624호 공보

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 하지만 이상과 같은 광 간섭계를 이용하면 다음과 같은 단점이 있다.

[0008] (1) 계측 범위가 광의 파장에 의하여 결정되기 때문에, 광의 파장 이상의 범위를 계측하려고 하면, 통과한 광의 파장의 수를 세게 되어 광의 파장 이하의 분해능을 얻을 수 없다.

[0009] (2) 광학 부품의 위치 정밀도가 매우 엄격해서 각도의 어긋남[0.01° 오더(order)], 위치의 어긋남(서브 μm 오더)에 의해 계측할 수 없는 경우가 있다. 따라서 온도 변화, 습도 변화, 외부 진동 및 경시(經時)와 같은 사용 환경에 의한 검출 오류를 방지하기 위한 대책이 필요하다.

[0010] (3) 콜리메이터 렌즈, 미러의 조합 및 스플리터는 필수이기 때문에 소형화가 곤란하다.

[0011] (4) 다른 검출 감도?검출 위치에서의 변위(예컨대 전술한 전동 어시스트 자전거의 브레이크 와이어의 이동량과 연장량 등)를 동시에 또는 시계열적으로 측정할 수 없다.

[0012] 본 발명은 이상과 같은 점에 착안한 것으로, 광학 소자의 경사 정밀도의 영향을 받지 않고, 구성이 간단하고 또한 소형화가 가능하고, 위치의 어긋남에 대해서도 강하고, 광학 분해능의 조정이 가능한 변위 계측 방법 및 변위 계측 장치를 제공하는 것을 목적으로 한다. 본 발명의 다른 목적은 다른 검출 감도?검출 위치에서의 변위 측정을 동시에 또는 시계열적으로 수행할 수 있는 변위 계측 방법 및 변위 계측 장치를 제공하는 데 있다.

과제의 해결 수단

[0013] 본 발명은 이하와 같은 구성을 주지(主旨)로 한다.

[0014] 우선, 제1 관점의 발명은 광원으로부터 발사된 광을 콜리메이터 렌즈에 의해 평행광으로 하고, 이 평행광을 그 광축 상에 배치된 제1 회절 격자를 통과시킨다. 다음으로 상기 광축 상에 상기 제1 회절 격자에 대향하여 배치된 반투과(半透過) 반반사(半反射) 미러까지 진행시킨다. 상기 반투과 반반사 미러에 의해 상기 평행광의 일부를 반사시켜서 상기 제1 회절 격자까지 돌아오는 제1 회귀광으로 하고, 상기 평행광의 나머지를 상기 반투과 반반사 미러에 대하여 동일한 광축 상에서 상대적으로 위치 변화가 가능하도록 배치된 전반사 미러까지 진행시킨다. 상기 제1 회귀광을 상기 제1 회절 격자에 의해, 상기 제1 회귀광과 같은 방향으로 진행하는 0차광 및 이 0차광에 대하여 회절각을 가지는 ±n차광(n은 1 이상의 자연수)으로 나누어서 진행시킨다. 이 ±n차광 중 소정 차수의 회절광을 제1 광 센서로 수광(受光)하여 광량을 검출하는 것과 함께 상기 반투과 반반사 미러를 통과시킨다. 상기 전반사 미러까지 진행한 평행광을 상기 전반사 미러에 의하여 반사시키고, 상기 반투과 반반사 미러를 통과하여 상기 제1 회절 격자까지 돌아오는 제2 회귀광으로 하고, 상기 제1 회절 격자에 도달한 제2 회귀광을 상기 제1 회절 격자에 의해 0차광과 ±n차광으로 나누어서 진행시킨다. 계속해서 상기 ±n차광 중 상기 소정 차수의 회절광을 상기 제1 회절 격자로 수광하여 광량을 검출하고, 상기 반투과 반반사 미러에 대한 상기 전반사 미러의 상대적인 이동량에 대응하는 간섭무늬 또는 그 신호로부터, 상기 평행광의 축 방향의 제1 변위량을 측정하는 것을 요지로 하는 방법의 발명이며, 또한 장치의 발명이기도 하다.

[0015] 제2 관점의 발명은 상기 제1 회절 격자와 상기 반투과 반반사 미러 사이에서 상기 평행광의 광축 상에 배치된 제2 회절 격자에 의해 상기 제1 회절 격자를 통과한 평행광을 상기 평행광과 같은 방향으로 진행하는 0차광과 ±n차광으로 나누어서 진행시킨다. 상기 제2 회절 격자와 상기 반투과 반반사 미러 사이에서 상기 제2 회절 격자에 대향하여 동일한 광축 상에서 이동 가능하도록 배치되고 상기 제2 회절 격자와 동일한 격자 피치를 가지는 제3 회절 격자에 의해, 상기 제2 회절 격자를 경유한 0차광을, 또한 같은 방향으로 진행하는 0차광과 ±n차광으로 나누어서 진행시킨다. 계속해서 상기 제2 및 제3 회절 격자를 경유한 ±n차광 중 상기 제2 회절 격자에 의한 소정 차수의 회절광의 광축을 따르는 회절광을 제2 광 센서로 수광하여 광량을 검출한다. 이와 함께 상기 제2 회절 격자에 대한 제3 회절 격자의 이동량에 대응하는 간섭무늬 또는 그 진행으로부터 상기 평행광의 축 방향의 제2 변위량을 측정하는 것을 요지로 하는 방법의 발명이며, 또한 장치의 발명이기도 하다.

[0016] 본 발명의 상기 및 다른 목적, 특징, 장점은 이하의 상세한 설명 및 첨부 도면으로부터 명료하게 하였다.

발명의 효과

[0017] 본 발명에 따르면 회절 격자의 경사 정밀도의 영향을 받지 않고, 회절 격자의 면 방향의 위치의 어긋남에 대해서도 영향이 작고, 구성이 간단하고 또한 소형화가 가능하고, 광학 분해능의 조정이 가능한 변위 계측 방법 및 변위 계측 장치를 제공할 수 있다. 또한 1개의 광원에 의하여 다른 위치에서의 변위 검출이 가능하다.

도면의 간단한 설명

[0018] 도 1은 본 발명의 실시예 1의 변위 계측 장치의 기본 구조를 도시하는 개략도.
 도 2는 상기 실시예 1을 도시하는 개략도이며, 도 2의 (A)는 와이어 연장량 검출부의 기본 구조를 도시하는 개략도, 도 2의 (B-1) 및 도 2의 (B-2)는 광로(4) 및 광로(5)를 도시하는 도면, 도 2의 (C) 및 도 2의 (D)는 광로(4) 및 광로(5)의 간섭의 모습을 도시하는 도면.
 도 3은 상기 와이어 연장량 검출부에 의한 변위 계측의 정성적(定性的)인 동작 원리를 도시하는 설명도.
 도 4는 상기 와이어 연장량 검출부에 의한 변위 계측의 정량적(定量的)인 동작 원리를 도시하는 설명도.
 도 5는 상기 실시예 1의 와이어 이동량 검출부에 의한 변위 계측의 정성적인 동작 원리를 도시하는 설명도.
 도 6의 (A)는 상기 와이어 이동량 검출부에 의한 변위 계측의 정량적인 동작 원리를 도시하는 도면, 도 6의 (B-1) 내지 도 6의 (B-3)은 광 센서로 검출되는 간섭무늬의 이미지를 도시하는 도면.
 도 7은 본 실시예의 변위 계측 장치를 적용한 전동 어시스트 자전거의 전체 구성을 도시하는 도면.
 도 8의 (A) 내지 도 8의 (C)는 상기 전동 어시스트 자전거의 브레이크 기구를 도시하는 개략도.
 도 9의 (A) 내지 도 9의 (C)는 상기 전동 어시스트 자전거의 브레이크 동작과 상기 변위 계측 장치의 작용을 도시하는 도면.
 도 10은 본 실시예의 변위 계측 유닛의 구체예를 도시하는 도면.
 도 11의 (A)는 상기 구체예의 와이어 연장량 검출부에서의 레이저 광원의 회로 구성을 도시하는 도면, 도 11의 (B)는 와이어 연장량 검출부에서의 광 검출 회로의 구성을 도시하는 도면, 도 11의 (C)는 상기 광 검출 회로로부터의 출력(1)의 신호 파형을 도시하는 도면, 도 11의 (D)는 상기 광 검출 회로로부터의 출력(1)의 처리 순서의 개략을 도시하는 블록도.
 도 12의 (A)는 상기 구체예에서의 유휴 구간에서의 와이어 이동량 검출부의 광 센서 상의 암점(暗点) 카운트 거동을 도시하는 도면, 도 12의 (B)는 기계 브레이크 구간에서의 와이어 연장량 검출부의 광 센서 상의 광량 거동을 도시하는 도면.
 도 13의 (A)는 브레이크 레버 조작량과 와이어 장력의 관계를 도시하는 도면, 도 13의 (B)는 브레이크 레버 조작량과 제동력의 관계를 도시하는 도면.
 도 14는 본 발명의 실시예 2를 도시하는 도면이며, 도 14의 (A)는 기본 구조를 도시하는 도면, 도 14의 (B)는 광 검출 회로의 구성을 도시하는 도면.
 도 15의 (A) 및 도 15의 (B)는 상기 실시예 2의 광 검출 회로로부터의 출력(A 및 B)의 신호 파형을 도시하는 도면, 도 15의 (C)는 상기 출력(A 및 B)의 연산 결과를 도시하는 신호 파형.
 도 16의 (A)는 전동 어시스트 차량에서의 브레이크 레버 조작량과 제동력의 관계를 도시하는 도면. 도 16의 (B)는 브레이크 레버 조작량과 제동력의 관계에서 브레이크 동작점이 변한 경우의 설명도.
 도 17은 배경기술의 일 예를 도시하는 도면.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0019] 이하, 본 발명을 실시하기 위한 형태를 실시예에 기초하여 보다 구체적으로 설명한다.

[0020] [실시예 1]

[0021] <기본 구조>

- [0022] 우선 도 1, 도 6, 도 7 및 도 8을 참조하여 본 발명의 실시예 1의 기본 구조를 설명한다. 본 실시예는 본 발명의 변위 계측을 전동 어시스트 자전거의 브레이크 와이어의 연장량과 이동량의 계측에 적용한 예다. 도 1은 본 실시예의 기본 구조를 도시하는 개략도이고, 도 7은 전동 어시스트 자전거의 전체 구성을 도시하는 도면이고, 도 8은 상기 전동 어시스트 자전거의 브레이크 기구의 개략을 도시하는 도면이다. 도 1에 도시하는 바와 같이, 본 실시예의 변위 계측 장치(10)는 레이저 다이오드 등의 레이저 광원(12); 상기 레이저 광원(12)으로부터의 레이저광(13)을 직진하는 평행광(15)으로 하는 콜리메이터 렌즈(14); 상기 평행광(15)의 광축 상에 순서대로 배치된 제1 회절 격자(16); 제2 회절 격자(18); 제3 회절 격자(20); 반(半)투과 반(半)반사 미러(22); 전(全)반사 미러(24); 및 광 센서(26, 28);에 의해 구성된다. 이 중 상기 전반사 미러(24) 이외의 구성 요소는 예컨대 도 6에 도시하는 바와 같이, 변위 계측 유닛(70)으로서 일체적으로 이동 가능하도록 구성된다. 한편 도 7 및 도 8에 도시하는 바와 같이, 전동 어시스트 자전거(50)는 핸들(52); 브레이크 레버(54), 튜브(58)에 피복된 브레이크 와이어(56)와 브레이크 패드(60) 등을 포함하는 브레이크 기구; 컨트롤러(64); 모터(66); 및 배터리(68); 등을 구비한다. 상기 변위 계측 유닛(70)은 예컨대 도 7에 도시하는 바와 같이, 전동 어시스트 자전거(50)의 브레이크 레버(54)의 근방에 설치된다.
- [0023] 상기 브레이크 기구는 도 8의 (A)에 도시하는 바와 같이, 브레이크 레버(54)의 조작에 의해 브레이크 와이어(56)에 장력을 걸어, 브레이크 패드(60)를 립(62)에 압부(押付)하는 공지(公知)의 구성이다. 상기 브레이크 레버(54)를 당기기 시작한 유희 구간에서는 도 8의 (B)에 도시하는 바와 같이 브레이크 와이어(56)가 이동하고, 브레이크 패드(60)가 립(62)에 접촉하여 기계 브레이크에 의한 제동이 걸려 있는 상태에서는 도 8의 (C)에 도시하는 바와 같이 브레이크 와이어(56)가 연장한다. 본 실시예에서는 상기 변위 계측 장치(10)의 레이저 광원(12), 콜리메이터 렌즈(14), 제2 회절 격자(18), 제3 회절 격자(20) 및 광 센서(제2 광 센서, 26)로부터 이루어지는 와이어 연장량 검출부에 의해, 도 8의 (C)에 도시하는 브레이크 와이어(56)의 연장량을 검출하고, 상기 연장량에 대응하는 브레이크 조작력을 계측한다.
- [0024] 이와 동시에 상기 레이저 광원(12), 콜리메이터 렌즈(14), 제1 회절 격자(16), 반투과 반반사 미러(22), 전반사 미러(24) 및 광 센서(제1 광 센서, 28)로부터 이루어지는 와이어 이동량 검출부에 의해, 도 8의 (B)에 도시하는 브레이크 와이어(56)의 이동량을 검출하고, 브레이크 조작량을 계측한다. 본 실시예에서는 이와 같은 2개의 변위량 검출부를 설치하는 것에 의해, 브레이크 와이어의 연장량과 이동량을 1개의 광원을 이용하여 동시에(또는 시계열적으로) 계측하는 것에 의해, 도 16에 도시하는 기계 브레이크 동작점(P1이나 P2)을 직접 검지하고, 유희 구간에서의 회생을 최대화 하여 회생 충전의 효율을 높인다.
- [0025] <와이어 연장량 검출부>
- [0026] 우선 진술한 2개의 변위 검출부 중 상기 와이어 연장량 검출부에 대하여 설명한다. 또한 제1 내지 제3 회절 격자(16?20)를 경유한 평행광(15)은 실제로는 상기 평행광(15)과 같은 방향으로 진행하는 0차광(0차 회절광) 및 이 0차광에 대하여 회절각을 가지는 $\pm n$ 차광(또는 $\pm n$ 차 회절광이라고 표현하고, n 은 1 이상의 자연수)으로 나누어서 진행한다. 또한 여기서는 편의상 제1 회절 격자(16), 제2 회절 격자(18) 및 제3 회절 격자(20)를 경유한 후, 상기 평행광(15)과 같은 방향으로 진행하는 0차광을 통틀어 직진광(30)이라고 표현한다.
- [0027] 도 2의 (A)는 와이어 연장량 검출부의 기본 구조를 도시하는 도면이고, 도 2의 (B-1) 및 도 2의 (B-2)는 각각 광로(4) 및 광로(5)를 도시하는 도면이고, 도 2의 (C) 및 도 2의 (D)는 광로(L4) 및 광로(L5)의 간섭의 모습을 도시하는 도면이다. 상기 와이어 연장량 검출부 중 제2 회절 격자(18)는 상기 제1 회절 격자(16)를 통과한 직진광(30)을 직진광(30)과 회절광(32)으로 나누어서 진행시킨다. 상기 제3 회절 격자(20)는 상기 제2 회절 격자(18)와 동일한 격자 피치 P를 가지고, 상기 제2 회절 격자(18)와 대향하고, 또한 상기 직진광(30)의 광축 상에서 상대 이동 가능하도록 배설되고, 상기 제2 회절 격자(18)를 통과한 직진광(30)을 다시 직진광(30)과 회절광(34)으로 나누어서 진행시킨다. 상기 광 센서(26)로서는 포토다이오드 등이 이용된다. 상기 회절광(32)은 보다 구체적으로는 제1 회절 격자(16)의 0차광 및 제2 회절 격자(18)의 1차광 중 제3 회절 격자(20)를 경유한 후에도 같은 방향으로 진행하는 0차광이다. 또한 상기 제1 회절 격자(16) 및 제2 회절 격자(18)를 경유한 0차광[직진광(30)] 중 제3 회절 격자(20)를 경유한 1차광이 상기 회절광(34)이다. 또한 본 실시예에서는 1차광을 이용하도록 하였지만, 다른 소정 차수의 회절광을 이용하여 이하에 설명하는 변위량의 측정을 수행하도록 하여도 좋다.
- [0028] 제2 회절 격자(18)와 제3 회절 격자(20)는 동일한 소정 피치[도 2의 (A)의 격자 피치 P]로 형성된 다수의 홈[溝](18A, 20A)을 포함하고, 2장의 회절 격자의 회절 방향이 같아지도록 설정된다. 또한 광 센서(26)는 제3 회절 격자(20)에 의해 회절하는 회절광(34)을 포함하고, 제2 회절 격자(18)에 의한 회절광(32)의 광축을 따르는 회절광만을 수광하여 간섭광(36)의 광량을 검출한다. 이 제2 회절 격자(18)에 대한 제3 회절 격자(20)의 상대적

인 이동량[도 2의 (A)에 도시하는 변위량(X)]에 대응하는 간섭무늬 또는 그 신호로부터 제2 회절 격자(18)와 제3 회절 격자(20) 사이의 축 방향의 변위량, 즉 직진하는 평행광(15)의 축 방향의 변위량을 측정한다. 또한 여기서 말하는 축 방향이란 제2 회절 격자(18) 및 제3 회절 격자(20)의 주면(主面)에 직교하는 방향을 가리킨다.

[0029] 도 2의 (B-1)에는 광로(L4)가 제2 회절 격자(18)에서 회절되는 모습이 도시되고, 도 2의 (B-2)에는 광로(L5)가 제3 회절 격자(20)에서 회절되는 모습이 도시된다. 여기서 도 2의 (B-1)에 도시하는 광로(L4)는 제1 회절 격자(16)를 경유하여 직진하고(0차광), 제2 회절 격자(18)를 경유한 회절광(본 실시예의 경우에는 1차광) 중 제3 회절 격자(20)를 경유한 후에도 같은 방향으로 진행하는 회절광(32)(0차광→1차광→0차광)만을 도시한다. 도 2의 (B-2)에 도시하는 광로(L5)는 제1 회절 격자(16) 및 제2 회절 격자(18)를 경유한 후에 직진하고(0차광), 제3 회절 격자(20)에 입사한 광 중 상기 도 2의 (B-1)에 도시하는 회절광(32)과 같은 방향으로 진행하는 1차 회절광(34)(0차광→0차광→1차광)만이 도시된다. 또한 도 2의 (C)에는 이들 광로(L4 및 L5)를 중첩한 모습이 도시된다. 본 발명에서는, 후술하는 바와 같이 제2 회절 격자(18)에 대한 제3 회절 격자(20)의 이동 전과 이동 후에서의 간섭광(36)의 광량 측정에 의해 변위량의 측정이 가능해지지만, 도 2의 (D)에 도시하는 바와 같이, 광로(L4 및 L5)가 같은 광로를 공유하고 회절 격자의 투과 회절광이 회절 격자의 경사의 영향을 받기 어려운 특성을 이용한다. 이로 인해 틸트(진동 영향) 등으로 제3 회절 격자(20)가 진동하였다고 하더라도, 간섭무늬에 악영향을 주지 않는다. 또한 전술한 배경기술의 광학계에서 가장 큰 소자인 스플리터의 삭감이 가능하기 때문에 장치의 소형화 및 저비용화가 가능해진다.

[0030] 다음으로 도 3을 참조하여 상기 와이어 연장량 검출부의 동작 원리를 정성적으로 설명한다. 우선, 제2 회절 격자(18)와 제3 회절 격자(20)가 소정의 간격으로 대향 배치되는 곳에, 레이저 광원(12)으로부터 콜리메이터 렌즈(14)를 통과하여 평행광(15)이 된 레이저광 중 상기 제1 회절 격자(16)를 통과한 직진광(30)을 제2 회절 격자(18)에 입사시킨다. 입사광은 제2 회절 격자(18)에서 회절된 광[광로(1) 및 광로(3)]과 직진광[도 2의 (A)의 직진광(30)]의 2개로 나뉘어서 제3 회절 격자(20)에 입사된다. 상기 직진광은 제3 회절 격자(20)에서 더 회절되고[광로(2)], 고정측의 회절광과 가동측의 회절광이 간섭하여 이를 광 센서(26)로 광량을 검출한다. 제3 회절 격자(20)가 도 3에 실선으로 도시하는 위치로부터 점선으로 도시하는 위치까지 축 방향으로 이동하면, 광로(2)의 회절광의, 회절하는 광축 상의 위치가 위치(P1)로부터 위치(P2)로 이동한다. 이동 전에는 간섭광(1)은 광로(1)과 광로(2)의 회절광의 간섭에 의하여 위상차가 없지만, 이동 후에는 광로(2)와 광로(3)의 회절광의 간섭광(2)이 되어 도 3에 도시하는 위상차가 발생한다. 따라서 상기 이동량에 비례한 간섭무늬가 명암을 반복하여 이동량을 검출할 수 있다.

[0031] 다음으로 도 4를 참조하여 상기 와이어 연장량 검출부의 동작 원리를 정량적으로 설명한다. 도 4의 (A)에 도시하는 바와 같이, 투과형 회절 격자[도면에서는 제3 회절 격자(20)]의 입사각 θ 와 회절각 ϕ 의 관계(입사각 θ 은 0°)는 λ 을 파장, P를 회절 격자 피치로 하면, 1차 회절광에서는 하기의 수학적 식 1과 같이 된다.

수학적 식 1

[0032]
$$\sin\phi + \sin\theta = \lambda/P$$

[0033] 또한 도 4의 (B)에 도시하는 바와 같이, 제3 회절 격자(20)의 Δd 의 이동에 대하여 광로(2)의 광로 길이는 Δd 만큼 변화하지만, 광로(3)의 광로 길이의 변화량 Δd_2 는 하기의 수학적 식 2와 같이 된다.

수학적 식 2

[0034]
$$\Delta d_2 = (\Delta d / \cos\phi)$$

[0035] 여기서 이동 전은 가동측의 광로(2)와 고정측의 광로(1)의 광로 차이가 없다고 하면, 이동 후의 광로 차이 Δ 는 하기의 수학적 식 3으로 나타내어진다.

수학식 3

$$\Delta = \Delta d^2 - \Delta d = \Delta d(1/\cos\phi - 1)$$

[0036]

[0037]

여기서 상기 정량적 동작 원리에 기초하여 구체예를 설명한다. 투과형 회절 격자의 입사각 θ 를 0이라고 하고, 파장 λ 을 $0.65\mu\text{m}$, 격자 피치 P를 $1.6\mu\text{m}$ 으로 하면, 상기 수학식 1로부터,

[0038]

$$\text{회절각 } \phi = \arcsin(0.65/1.6) = 24.0^\circ$$

[0039]

가 된다. 그리고 상기 기관을 회절 격자에 이용하였을 때의 회절각 ϕ 는 24° 가 되는 것으로부터 이동량 Δd 에 대한 광로(2)와 광로(3)의 광로 차이 Δ 는 상기 수학식 3으로부터,

[0040]

$$\Delta = \Delta d(1/\cos(24^\circ) - 1) = 0.094$$

[0041]

가 되고, 약 11파장의 이동으로 1회의 간섭의 명암이 발생하게 된다.

[0042]

전술한 배경기술의 간섭계에서는 1파장의 이동량에 대하여, 간섭의 명암은 반드시 2회 발생하지만, 본 실시예에서는 간섭무늬의 발생 간격은 회절각 ϕ 에 의존하고, 상기 회절각 ϕ 에 의해 검출 범위의 확대가 가능해진다. 또한 회절각 ϕ 는 격자 피치 P와 파장에 의해 결정되기 때문에 간섭무늬의 발생 간격은 격자 피치 P에 의존한다고 환언할 수 있고, 제2 회절 격자(18)와 제3 회절 격자(20)의 격자 피치 P의 미세화에 의해, 1파장 이하의 오더로 변위량의 검출이 가능해진다. 이와 같이 검출 범위의 확대에 의해 리니어(linear) 부분의 검출이 가능해지고, 서브 μm 영역으로부터 20mm 전후까지의 광범위한 변위 검출이 가능해진다.

[0043]

하기의 표 1에는 일 예로서, 제2 및 제3 회절 격자(18, 20)의 격자의 개수(개/mm), 격자 피치 P(μm), 회절각 ϕ (도), 배율 G(배), 검출 범위(μm)의 관계가 나타내어진다. 제3 회절 격자(20)가 Δd 이동하였을 때의 광로 차이를 Δ 로 하면, Δ 은 전술한 수학식 3으로 나타내어진다. 배율 G는 $\Delta d/\Delta$ 이 된다. G=1일 때는 검출 범위는 광의 1파장으로 사인(sine)파 형상이 되고, G가 커지면, 검출 범위는 파장 $\lambda \times$ 배율 G가 되고, 사인파 확대에 의해 리니어 검출이 가능해진다.

표 1

[0044]

	μm 센서				mm 센서
개수 (개/mm)	1350	625	300	20.511	10
격자 피치 P (μm)	0.74	1.60	3.33	48.75	100.00
회절각 Φ ($^\circ$)	61.34224	23.96948	11.24472	0.763898	0.372425
배율 G (배)	0.921513	10.59581	51.09213	11250.5	47335.78
검출 범위 (μm)	0.299492	3.443639	16.60494	3656.412	15384.13

[0045]

<와이어 이동량 검출부>

[0046]

다음으로 도 5 및 도 6을 참조하여 본 실시예의 와이어 이동량 검출부에 대하여 설명한다. 우선, 도 5를 참조하여 와이어 이동량 검출부의 구성과 정성적인 동작 원리를 설명한다. 와이어 이동량 검출부는 상기 레이저 광원(12), 콜리메이터 렌즈(14), 제1 회절 격자(16), 반투과 반반사 미러(22), 전반사 미러(24) 및 광 센서(제1 광 센서, 28)에 의해 구성된다. 상기 제1 회절 격자(16)는 상기 평행광(15)의 광축 상에 배치되고, 입사한 광을 직진하는 0차광(0차 회절광) 및 상기 0차광에 대하여 회절각을 가지는 $\pm n$ 차광($\pm n$ 차 회절광)으로 나누어서 진행시킨다. 상기 반투과 반반사 미러(22)는 상기 직진광(30)의 광축 상에 상기 제2 및 제3 회절 격자(18, 20)를 사이에 개재하도록 하여 상기 제1 회절 격자(16)와 대향하도록 배설되고, 상기 제1 회절 격자(16)를 통과한 직진광[광로(L1)]의 일부를 반사시켜서 상기 제1 회절 격자(16)까지 돌아오는 광로(L2)[제1 회귀광(Lrev1)]와 나머지의 직진하는 광로(L3)로 분할한다.

[0047]

상기 전반사 미러(24)는 상기 반투과 반반사 미러(22)에 대하여 동일한 광축 상에서 상대적으로 위치 변화가 가능하도록 배치되고, 상기 반투과 반반사 미러(22)를 통과한 직진광(30)[광로(L3)]을 반사시켜서 상기 반투과 반반사 미러(22)를 통과하여 상기 제1 회절 격자(16)까지 돌아오는 제2 회귀광(Lrev2)으로 한다. 또한 본 실시예에서는 상기 제1 회절 격자(16)와 반투과 반반사 미러(22) 사이에 전술한 제2 회절 격자(18) 및 제3 회절 격자(20)가 배설된다. 이로 인해 도 5에 도시하는 광로(L1)는 제1 회절 격자(16), 제2 회절 격자(18) 및 제3 회절

격자(20)의 0차 회절광이 된다. 마찬가지로 상기 제1 회귀광(Lrev1)[광로(L2)]과 제2 회귀광(Lrev2)은 또한 제3 회절 격자(20) 및 제2 회절 격자(18)의 0차 회절광, 또한 제1 회절 격자(16)의 1차 회절광이며, 광 센서(28)에 조사된다. 상기 광 센서(28)는 상기 제1 및 제2 회귀광(Lrev1, Lrev2)의 회절광을 수광하여 광량을 검출하고, 반투과 반반사 미러(22)에 대한 전반사 미러(24)의 상대적인 이동량[도 6의 (A)의 변위 Y 참조]에 비례하는 간섭무늬 또는 그 신호로부터 반투과 반반사 미러(22)와 전반사 미러(24) 사이의 변위 Y를 측정할 수 있다. 상기 광 센서(28)로서는 포토다이오드 등이 이용된다. 또한 본 실시예에서는 광 센서(28)에 의해 제1 회절 격자(16)에 의한 1차 회절광을 수광하도록 하지만, 상기 와이어 연장량 검출부와 마찬가지로 다른 차수의 회절광을 수광하여 변위 Y를 측정하여도 좋다.

[0048] 다음으로 도 6을 참조하여 상기 와이어 이동량 검출부의 동작 원리를 정량적으로 설명한다. 도 6의 (A)는 와이어 이동량 검출부의 동작을 도시하는 설명도이고, 도 6의 (B-1) 내지 도 6의 (B-3)는 광 센서(28)로 검출되는 간섭무늬의 이미지를 도시하는 도면이다. 도 6의 (A)에는 본 실시예의 변위 측정 장치(10)를 구성하는 각부 중 상기 전반사 미러(24) 이외의 구성 요소가 상기 전반사 미러(24)에 대하여 상대적으로 이동 가능한 변위 측정 유닛(70)으로서 일체화되는 모습이 도시된다. 상기 도 6의 (A)에 도시하는 바와 같이, 반투과 반반사 미러(22)에 대한 전반사 미러(24)의 상대적인 변위량[또는 전반사 미러(24)에 대한 변위 측정 유닛(70)의 변위량]을 Y라고 했을 때, 제1 회귀광(Lrev1)과 제2 회귀광(Lrev2)의 광로 차이는 2Y 증가한다. 이동 전의 광 센서(28)의 명암 상태가 「명」[도 6의 (B-1)의 테두리(F1) 내 참조]이고, 레이저 광원(12)의 발진 파장을 λ 라고 했을 경우,

[0049]
$$Y = \lambda / 4 \times (2n + 1) \quad (n \text{은 임의의 정수})$$

[0050] 이 되었을 때, 광 센서(28) 상의 명암은 「명」으로부터 「암」으로 변화한다[도 6의 (B-3)의 테두리(F3) 내 참조]. 또한 「명」으로부터 「암」으로 변화하는 도중 단계인

[0051]
$$0 < Y < \lambda / 4 \times (2n + 1)$$

[0052] 일 때, 광 센서(28) 상의 간섭무늬는 명암의 중간 상태가 된다[도 6의 (B-2)의 테두리(F2) 내 참조]. 또한 상기 도 6의 (B-1) 내지 도 6의 (B-3)에서 간섭무늬 전체를 취입(取入)하면, 간섭무늬는 변화해도 광량의 변화가 미소해져 검출 감도가 저하하기 때문에, 본 실시예에서는 상기 도면에 테두리(F1~F3)로 도시하는 일부 영역을 취입하는 것에 의해 높은 검출 감도를 얻도록 한다.

[0053] <구체예>

[0054] 다음으로 도 9 내지 도 13을 참조하여 본 실시예의 구체예를 설명한다. 도 9는 상기 전동 어시스트 자전거의 브레이크 동작과 상기 변위 측정 장치의 작용을 도시하는 도면이고, 도 10은 변위 측정 유닛의 구체예를 도시하는 도면이다. 도 11의 (A)는 상기 구체예에서의 레이저 광원의 회로 구성을 도시하는 도면이고, 도 11의 (B)는 와이어 연장량 검출부에서의 광 검출 회로의 구성을 도시하는 도면이고, 도 11의 (C)는 상기 광 검출 회로로부터의 출력(1)의 신호 파형을 도시하는 도면이고, 도 11의 (D)는 상기 광 검출 회로로부터의 출력(1)의 처리 순서의 개략을 도시하는 블록도이다. 도 12의 (A)는 상기 구체예에서의 유희 구간에서의 와이어 이동량 검출부의 광 센서(28) 상의 암점 카운트 거동을 도시하는 도면이고, 도 12의 (B)는 기계 브레이크 구간에서의 와이어 연장량 검출부의 광 센서(26) 상의 광량 거동을 도시하는 도면이다. 도 13의 (A)는 브레이크 레버 조작량과 와이어 장력의 관계를 도시하는 도면이고, 도 13의 (B)는 브레이크 레버 조작량과 제동력의 관계를 도시하는 도면이다. 또한 전동 어시스트 자전거(50) 및 그 브레이크 기구에 대해서는 전술한 대로이다.

[0055] 상기 변위 측정 유닛(70)은 브레이크 핸들(자전거 핸들, 52)에 고정된 광체(筐體)(11) 중에, 브레이크 레버(54)의 근방에, 도시되지 않는 가이드 샤프트 등에 의해 브레이크 와이어(56)를 따라 이동 가능하도록 설치된다. 또한 상기 전반사 미러(24)는 상기 광체(11)의 일방의 측면(11B)측에 고정된다. 상기 브레이크 와이어(56)는 상기 광체(11)의 측면(11A)으로부터 측면(11B)측 사이를 관통한다. 상기 변위 측정 유닛(70)은 도 10에 도시하는 바와 같이, 투명 수지 성형체(72)에 레이저 광원(12); 콜리메이터 렌즈(14); 제1 회절 격자(16) 내지 제3 회절 격자(20); 반투과 반반사 미러(22); 및 광 센서(26 및 28);를 수납한 구성이다. 상기 투명 수지 성형체(72)의 상부에는 측면(72A)으로부터 측면(72B)에 걸쳐 브레이크 와이어(56)가 관통하는 관통공(孔)(74)이 마련되고, 상기 브레이크 와이어(56)는 나사(76A, 76B)에 의해 2군데에서 투명 수지 성형체(72)에 고정된다.

[0056] 또한 측면(72A)측에 마련된 도시되지 않는 원형 오목 형상[凹狀] 스페이스에 레이저 광원(12)이 삽입(嵌入)되고, 상기 레이저 광원(12)은 투명 수지 성형체(72)의 외부에 설치된 레이저 구동 회로(78)에 접속된다. 또한 투명 수지 성형체(72)를 두께 방향으로 관통한 스페이스(80A)에는 콜리메이터 렌즈(14)가 배치되고, 주연(周緣)이 접촉제 등으로 고정된다. 스페이스(80A)는 잘려서 만들어진 공간이어도 좋다. 그 외에 스페이스

(80B)에는 제1 회절 격자(16)가 배치되고, 스페이스(80C)에는 제2 회절 격자(18) 및 제3 회절 격자(20)가 배치되고, 각각의 배면(背面)이 투명 접착제 등으로 고정된다. 또한 스페이스(80D)에는 반투과 반반사 미러(22)가 배치되고, 스페이스(80E)에는 광 센서(26)가 배치되고, 스페이스(80F)에는 광 센서(28)가 배치된다.

[0057] 그 외에 상기 투명 수지 성형체(72)에는 광의 통로가 되는 도시되지 않는 스페이스 외에, 제2 회절 격자(18)측의 상방에 마련된 슬릿(86A)과 제3 회절 격자(20)측의 상방에 마련된 슬릿(86B)이 형성된다. 상기 슬릿(86A)은 상기 스페이스(80C)와 연속한다. 이들 슬릿(86A, 86B)은 제2 회절 격자(18)와 제3 회절 격자(20)의 경계선에서 투명 수지 성형체(72)가 브레이크 와이어(56)와 함께 축 방향으로 신축[도 10의 화살표(F10) 참조]하도록 탄성을 부여하기 위한 것이다. 또한 본 실시예에서는 2개의 슬릿(86A, 86B)을 마련하는 것에 의해, 제3 회절 격자(20)가 제2 회절 격자(18)에 대하여 평행하게 이동 가능하고, 정확한 이동량을 측정할 수 있다. 또한 투명 수지 성형체(72)는 두께 방향으로 휨이 없는 것으로 한다. 상기 광 센서(26, 28)는 각각 투명 수지 성형체(72)의 외부에 설치된 I/V 변환 회로(82, 84)에 접속된다.

[0058] 상기 투명 수지 성형체(72)로서는 예컨대 아크릴이나 폴리카보네이트 등의 투명 수지로서, 가로 및 세로 길이가 15mm이고 두께가 5mm 정도인 것을 이용하였다. 또한 레이저 광원(12)으로서의 파장 650nm, 출력 5mW의 레이저 다이오드(LD)를 이용하고, 광축은 사출각이 작은 것을 회절 격자(18, 20)의 홈(18A 및 20A)에 평행한 방향으로 설정하였다. 콜리메이터 렌즈(14)는 NA 0.65, 유효경(有效徑) 4mm, 폭 1.5mm인 것을 이용하고, 제1 회절 격자(16)로서는 격자 피치가 0.72 μ m, 격자의 홈의 깊이가 216nm인 것을 사용하였다. 또한 제2 회절 격자(18) 및 제3 회절 격자(20)로서는 격자 피치 P가 1.6 μ m, 홈(16A 및 18A)의 깊이가 150nm, 홈의 폭이 0.5 μ m인 것을 이용하였다.

[0059] 제2 회절 격자(18)와 제3 회절 격자(20)의 회절 방향은 같은 방향으로 설정하고, 회절 격자 사이의 거리는 레이저 광원(12)의 코히런스 길이(1mm 정도) 이내로 설정한다. 이는 2개의 회절 격자(18, 20) 사이의 거리를 크게 하면 광의 간섭성이 나빠져서 간섭의 명암을 잡을 수 없게 되기 때문이고, 입사하는 광 빔 지름을 크게 할 필요가 있기 때문이다. 또한 반투과 반반사 미러(22)로서는 투과율 50%, 반사율 50%인 것을 이용하고, 전반사 미러(24)로서는 반사율 100%인 것을 이용하였다. 수광 소자인 광 센서(26)로서는 간섭광(36)의 일부를 취입 가능한 사이즈로 하고, 타방의 광 센서(28)로서는 제1 회귀광(Lrev1)과 제2 회귀광(Lrev2)의 간섭광의 일부를 취입할 수 있는 사이즈인 것을 사용하였다.

[0060] 이상과 같은 구성의 변위 계측 유닛(70)에서는 브레이크 와이어(56)의 연장을 검출하기 위하여 제2 회절 격자(18)와 제3 회절 격자(20)를 경계선(도 10의 점선 부분)으로 하여 투명 수지 성형체(72)를 2개의 부분으로 나누었을 때, 각각의 부분을 나사(76A, 76B)에 의하여 브레이크 와이어(56)에 고정하는 것과 함께, 나뉘어진 2개의 부분이 슬릿(86A, 86B)의 주위에서 연결된 탄성을 가지는 구조이다. 이로 인해 브레이크 와이어(56)가 연장하면 도 9의 (C)에 도시하는 바와 같이, 2개의 회절 격자(18, 20)가 평행한 상태를 유지한 상태로 브레이크 와이어(56)의 신축에 맞추어서 간격 I가 변화하기 때문에, 연장량(변위 X)을 검출할 수 있다. 동시에 변위 계측 유닛(70) 자체가 도 9의 (B)에 도시하는 바와 같이, 브레이크 와이어(56)와 함께 이동하고, 도 9의 (A)에 도시하는 브레이크 레버 조작 시작 전에 비해 전반사 미러(24)와 반투과 반반사 미러(22)의 간격이 변화하기 때문에, 브레이크 와이어(56)의 이동량(변위 Y)을 검출할 수 있다.

[0061] 도 11의 (A)에는 상기 레이저 광원(12)의 회로 구성이 도시된다. 본 예에서는 레이저 광원(12)으로서 레이저 다이오드(LD)를 이용하고, 상기 레이저 다이오드(LD)는 전류 제한 저항(R1)을 개재하여 전원에 접속된다. 또한 도 11의 (B)에는 본 예의 와이어 연장량 검출부의 광 검출 회로가 도시된다. 본 예에서는 광 센서(26)로서 포토다이오드(PD)를 이용한다. 포토다이오드(PD)에서는 수광한 간섭광의 광량에 따라 전류가 발생하고, 연산 증폭기(OP)의 마이너스 입력 단자에 입력되어서 전압으로 변환되고, 출력(1)으로서 출력된다. 즉 연산 증폭기(OP)가 I/V 변환 회로(82)에 상당한다. 또한 도 11의 (B)에 도시하는 회로에서는 2개의 저항(R2 및 R3)이 설치된다. 일방의 저항(R2)은 연산 증폭기(OP)의 출력의 동작점(광 신호가 0일 때의 출력 전압)을 결정하고, 양단이 연산 증폭기(OP)에 접속되는 저항(R3)은 광 센서(26)[포토다이오드(PD)]의 입사 광량에 대하여 출력 전압의 이득을 결정하는 저항이며, 저항이 클수록 같은 광량으로 출력 전압이 커진다.

[0062] 도 11의 (C)에는 연산 증폭기(OP)로부터 출력된 출력(1)의 파형이 도시된다. 상기 도 11의 (C)에서의 횡축은 변위 X를 도시하고, 종축은 검출 전압을 도시한다. 상기 도 11의 (C)에 도시하는 바와 같이, 본 예의 검출 방식에서는 검출 특성은 사인파 형상이 되기 때문에 전기 신호의 강도로부터 변위 X를 구할 수 있다. 구체적으로는 도 11의 (D)에 도시하는 바와 같이, 상기 출력(1)을 증폭 회로(90)에 의해 증폭하고, 슬라이서(92)에 의하여 이치화(二値化) 슬라이스를 수행한다. 그리고 클럭 카운터(94)로 클럭 카운트를 수행하고, 연산 장치(96)에 의해 소

정의 연산 펌웨어에 의해 카운트수×광원의 파장 λ 의 연산을 수행하고, 상기 변위 X 를 구한다. 또한 도 11의 (C)에 도시하는 검출 특성의 사인파는 진폭 전체를 100% 사용할 수 있지만, 광 센서(26)의 원점 위치 조정의 어긋남에 의한 검출 범위의 어긋남을 상정하면, 20%의 마진을 설정하고, 진폭의 $\pm 80\%$ 정도의 범위를 사용하는 것이 바람직하다. 또한 와이어 이동량 검출부의 광 센서(28)의 광 검출 회로, 출력 파형, 연산 처리 순서도 상기 광 센서(26)의 경우와 마찬가지로이다.

[0063] 이상과 같은 구성의 변위 계측 유닛(70)에서는 도 8의 (A) 및 도 9의 (A)에 도시하는 상태로부터 드라이버가 브레이크 레버(54)를 당기기 시작하면 도 8의 (B)에 도시하는 바와 같이, 브레이크 와이어(56)가 이동하는 것과 함께, 도 9의 (B)에 도시하는 바와 같이, 상기 브레이크 와이어(56)와 함께 변위 계측 유닛(70)이 이동하여 변위 Y 가 일어난다. 그리고 반투과 반반사 미러(22)에 대한 전반사 미러(24)의 상대적인 변위 Y 로부터 브레이크 와이어(56)의 이동량, 즉 상기 이동량에 대응하는 브레이크 레버(54)의 조작량을 mm 오더(order)로 계측할 수 있다. 또한 변위 계측 유닛(70)은 도 9에 도시하는 제2 회절 격자(18)와 제3 회절 격자(20) 사이의 간격 I 의 변화로부터 도 8의 (C)에 도시하는 브레이크 레버(54)의 조작에 의한 브레이크 와이어(56)의 연장(변위 X)을 μm 오더로 검출하여, 전동 어시스트 자전거(50)의 유틸 구간으로부터 기계 브레이크 구간으로의 이행을 감지한다. 또한 상기 전동 어시스트 자전거(50)의 컨트롤러(64)에서는 변위 계측 유닛(70)으로부터의 출력에 따른 최적의 회생 제동력을 결정하고, 최적의 회생 브레이크 제어가 역할을 하도록 모터(66)를 제어한다. 이로 인해 모터(66)가 발전기로서 기능하고, 발생한 전기를 배터리(68)에 충전한다. 또한 컨트롤러(64)는 배터리(68)의 전지 성능이나 상황을 감지한다.

[0064] 이와 같은 변위 계측 장치(10)를 탑재한 전동 어시스트 자전거(50)에서는 브레이크 와이어(56)의 장력에 의한 미소한 변형을 감지하는 것이 가능해지기 때문에, 도 13의 (A)에 도시하는 종래 브레이크의 유틸 구간에서 모터(66)를 발전기로서 배터리(68)에 충전을 수행하는 회생 브레이크를 걸 수 있다. 또한 도 13의 (B)에 도시하는 바와 같이, 기계 브레이크 시(브레이크 패드가 타이어에 접촉하는 영역)에도 회생 브레이크를 병렬로 제어하여 동작시키기 때문에 이용 효율을 높일 수 있다. 본 실시예에 의하면, 드라이버에 의한 브레이크 조정에 의해 기계 브레이크 동작점이 어긋난 경우, 예컨대 도 16의 (B)의 브레이크 동작점(P1)으로부터 동작점(P2)으로 어긋난 경우에도, 조정 후의 기계 브레이크 동작점을 직접 감지할 수 있기 때문에 높은 회생 효율을 항상 유지할 수 있다.

[0065] 상기 유틸 구간으로부터 기계 브레이크 구간으로의 이행의 감지를 구체적으로 나타내면, 상기 유틸 구간에서는 와이어 이동량 검출부의 광 센서(28) 상의 간섭무늬만이 변화하고, 와이어 연장량 검출부의 광 센서(26)의 간섭무늬는 변하지 않는다. 도 12의 (A)에는 상기 유틸 구간에서의 광 센서(28) 상의 암점 카운트 거동이 도시된다. 상기 도 12의 (A) 중 횡축은 변위 계측 유닛(70)의 이동 거리(변위 Y)(nm), 종축은 암점 카운트수다. 상기 도 12의 (A)에 도시하는 바와 같이, 광 센서(28) 상의 암점 카운트를 수행하는 것에 의해, μm , mm 오더에서의 이동량(변위 Y)을 감지할 수 있다. 또한 상기 기계 브레이크 구간에서는 와이어 연장량 검출부의 광 센서(26) 상의 간섭무늬에도 변화가 발생한다. 도 12의 (B)는 횡축이 와이어 연장량 검출부의 이동량(변위 X)이고, 종축이 광량으로서, 기계 브레이크 구간에서의 광 센서(26) 상의 광량 변화를 도시한다. 도 12의 (B)에 도시하는 광량 변화로부터 전술한 정량 원리에 기초하여 기계 브레이크의 시작을 감지할 수 있다.

[0066] 이와 같이 실시예 1에 의하면 다음과 같은 효과를 얻을 수 있다.

[0067] (1) 레이저 광원(12)으로부터의 평행한 직진광의 광축 상에 제1 회절 격자(16), 반투과 반반사 미러(22) 및 전반사 미러(24)를 순서대로 배치하고, 그리고 상기 직진광을 상기 제1 회절 격자(16)를 통과시켜서 반투과 반반사 미러(22)까지 진행시키면서 전반사 미러(24)까지 진행하는 직진광(30) 및 제1 회절 격자(16)까지 돌아오는 제1 회귀광(Lrev1)으로 분할한다. 전반사 미러(24)까지 도달한 광은 반사되어서 반투과 반반사 미러(22)를 통과하여 제1 회절 격자(16)에 돌아오는 제2 회귀광(Lrev2)이 된다. 상기 제1 회귀광(Lrev1)과 제2 회귀광(Lrev2)의 제1 회절 격자(16)에 의한 소정 차수의 회절광을 광 센서(28)로 수광하여 광량을 검출하도록 하였으므로, 반투과 반반사 미러(22)와 전반사 미러(24) 사이의 상대적인 위치 변화에 대응하는 브레이크 와이어(56)의 이동량(변위량)을 검출할 수 있다.

[0068] (2) 상기 변위량의 검출이 광로 공유 방식이기 때문에 틸트 영향이 취소되어 외란(진동)에 의한 검출 오류를 방지할 수 있다.

[0069] (3) 스플리터를 이용하지 않기 때문에 부품 점수를 삭감하여 소형화·저비용화를 도모할 수 있다. 또한 구성이 간단하기 때문에 위치의 어긋남에 대해서도 강하다.

[0070] (4) 계측 범위를 1과장 이상으로 넓히고, 1과장 이하의 변위로부터 1과장 이상의 변위까지를 연속적으로 계측할 수 있어 회절 격자의 피치에 의해 광학 분해능의 조정이 가능하다.

[0071] (5) 상기 제1 회절 격자(16)와 반투과 반반사 미러(22) 사이에 동일한 격자 피치 P를 가지는 제2 회절 격자(18)와 제3 회절 격자(20)를 동일한 축 상에서 상대적으로 이동 가능하도록 배치하고, 상기 제2 회절 격자(18) 및 제3 회절 격자(20)에 의한 회절광 중 상기 제2 회절 격자(18)에 의한 소정 차수의 회절광의 광축을 따르는 회절광을 광 센서(26)로 수광하여 광량을 검출한다. 그리고 제2 회절 격자(18)에 대한 제3 회절 격자(20)의 이동량(변위 X)에 따른 간섭무늬 또는 그 신호로부터 축 방향의 이동량에 대응하는 변위량을 검출하고, 브레이크 와이어(56)의 연장량을 계측하기 때문에, 동일한 광원을 이용하여 동일한 광축 상에서의 다른 위치에서의 변위량의 계측이 동시에 또는 시계열적으로 가능해진다. 본 실시예에서는 이들 2개의 변위량의 계측 결과로부터 기계 브레이크 시작점을 직접 감지할 수 있기 때문에 회생 충전의 효율 향상을 도모할 수 있다.

[0072] [실시예 2]

[0073] 다음으로 도 14 및 도 15를 참조하여 본 발명의 실시예 2를 설명한다. 또한 전술한 실시예 1과 동일하거나 또는 대응하는 구성 요소에는 동일한 부호를 이용하도록 한다. 본 실시예는 전술한 실시예에서의 와이어 연장량 검출부의 변형예를 도시하는 도면이며, 도 14의 (A)는 본 실시예의 와이어 연장량 검출부의 기본 구조를 도시하는 도면이고, 도 14의 (B)는 광 검출 회로의 구성을 도시하는 도면이다. 또한 도 14의 (A) 및 도 14의 (B)는 상기 광 검출 회로로부터의 출력(A 및 B)의 신호 파형을 도시하는 도면, 도 14(C)는 상기 출력(A 및 B)의 연산 결과를 도시하는 신호 파형이다. 본 실시예는 제3 회절 격자측에 단차를 마련하여 2분할 광 센서의 출력을 나누기 계산하는 것에 의해, 레이저 광원의 광량의 움직임이 있어도 검출 위치가 변화하지 않도록 하는 것과 함께, 사인(sine) 형상의 검출 특성을 직선 형상으로 하는 예이다.

[0074] 도 14의 (A)에 도시하는 바와 같이, 변위 계측 장치(100)는 제3 회절 격자(102)에 위상판(104)을 설치하여 단차를 마련하는 것과 함께, 상기 실시예 1의 광 센서(26) 대신에 2분할 광 센서(106)를 사용한 것 외에는 전술한 실시예 1과 마찬가지로의 구성이다. 상기 위상판(104)은 예컨대 3μm 정도의 두께 d를 가지고, 제3 회절 격자(102)와 같은 재료에 의해 단차의 가공 또는 성형의 금형 등에 의해 형성된다. 레이저 광원(12)으로부터 콜리메이터 렌즈(14)를 통과하여 평행광이 된 직진광은 제1 회절 격자(16)를 통과하여 고정측의 제2 회절 격자(18)에 의해 회절광과 직진광으로 나뉘어지고, 또한 그 직진광은 가동측의 제3 회절 격자(102)에 입사하여 위상판(104)이 없는 부분의 표면에서 회절된다[도 14의 (A)의 굵은 선]. 이와 함께 위상판(104)이 있는 부분에서는 상기 위상판(104)을 통해서 제3 회절 격자(102)의 표면에서도 회절된다[도 14의 (A)의 일점 쇄선]. 상기 2분할 광 센서(106)는 본 실시예에서는 도 14의 (B)에 도시하는 바와 같이, 2개의 포토다이오드(PD1 및 PD2)로부터 이루어지는 2분할 포토다이오드를 이용한다.

[0075] 2상 시프트법을 이용할 경우에는 광로 차이 Δ가 λ/4×(1/cos(φ)-1)인 2개의 간섭무늬를 작성하고, 연산에 의해 변위로 환산한다. 이 경우, 단차의 깊이 d는 n을 기관의 굴곡율로 하면 하기의 수학적 식 4로 나타내어진다.

수학적 식 4

$$d = \lambda / (1 / \cos \phi - 1) \times (n - 1)$$

[0076]

[0077] 예컨대 파장 λ을 0.65 μm, 기관의 굴곡율 n을 1.58로 하여 상기 수학적 식 4에 대입하면, 단차의 깊이 d는

$$d = \lambda / (1 / \cos(\phi) - 1) / (n - 1) / 4 = 0.65 / 0.094 / (1.58 - 1) \times 1 / 4 \rightarrow 2.98 \mu m$$

[0078]

[0079] 으로 결정된다.

[0079]

[0080] 이상과 같이 하여 두께(단차의 깊이 d)가 결정된 위상판(104)이 설치된 제3 회절 격자(102)를 통과한 광은 각각의 2분할 광 센서(106)에 입사된다. 여기서 도 14의 (B)에 도시하는 바와 같이, 2분할 광 센서(106)의 일방의 포토다이오드(PD1)로 수광한 간섭광의 광량에 따라 전류가 발생하고, 연산 증폭기(OP1)의 마이너스 입력 단자에 입력되고 전압으로 변환되어서 출력 신호(A)로서 출력된다. 출력 신호(A)는 도 15의 (A)에 도시하는 바와 같이, 사인파로서 연산 증폭기(OP1)로부터 출력된다. 또한 타방의 포토다이오드(PD2)로 간섭광을 수광하면 그 광량에 따라 전류가 발생하고, 연산 증폭기(OP2)의 마이너스 입력 단자에 입력되고 전압으로 변환되어서 출력 신호(B)로서 출력된다. 출력 신호(B)는 변위 X에 대하여, 출력 신호(A)와 90° 위상이 어긋난 사인파, 즉 도 15의 (B)

에 도시하는 것과 같은 코사인(cosine)파로서 출력된다. 또한 도면 중의 저항(R4?R7)의 기능은 전술한 실시예 1의 저항(R2 및 R3)과 마찬가지로이다.

[0081] 상기 2개의 출력 신호(A와 B)를 나누기 계산하면 $\tan(X)$ 로 되는 것으로부터 하기의 수학식 5에 도시하는 바와 같이, 2개의 신호를 나누기 계산한 결과의 \arctan , 즉 \tan^{-1} 의 계산을 하는 것에 의해 변위 X가 구해진다.

수학식 5

[0082]
$$\tan^{-1}(A/B)$$

[0083] 이와 같은 연산은 출력 신호(A 및 B)를 도 14의 (B)에 도시하는 연산 장치(108)에 입력하고, AD 변환에 의한 디지털 처리에 의해 수행된다. 도 15의 (C)에는 그 결과가 도시된다. 이러한 경우에도 진폭의 $\pm 80\%$ 를 검출 범위로 하면 좋다는 것은 전술한 실시예 1의 검출 방식의 경우와 마찬가지로이다. 이와 같이 실시예 2에 의하면, 위상 판(104)에 의해 가동측의 제3 회절 격자(102)에 깊이 d의 단차를 마련하고, 간섭광을 2분할 광 센서(106)로 수광하도록 하였으므로, 위상 시프트에 의해 특성을 리니어화(化)할 수 있다는 효과가 있다.

[0084] 또한 본 발명은 전술한 실시예에 한정되지 않고, 본 발명의 요지를 일탈하지 않는 범위 내에서 여러 변경을 덧붙일 수 있다.

[0085] (1) 상기 실시예에서 도시한 형상, 치수, 재질은 일 예이며, 마찬가지로의 효과를 갖는 것이라면 필요에 따라 적절히 변경하여도 좋다. 예컨대 상기 실시예 1의 변위 계측 유닛(70)에서는, 제2 회절 격자(18)측에 마련한 슬릿(86A) 및 제3 회절 격자(20)측에 마련한 슬릿(86B)에 의해 투명 수지 성형체(72)에 탄성을 부여하기로 하였다. 하지만 이것도 일 예이며, 2개의 회절 격자(18, 20)의 중간부 부근에 도시되지 않는 슬릿을 마련하여 탄성을 부여하는 등, 마찬가지로의 효과를 갖는 범위 내에서 적절한 설계 변경이 가능하다.

[0086] (2) 상기 실시예 1에서는 0차 회절광과 1차 회절광을 이용하여 변위 측정을 수행하기로 하였지만 이도 일 예이며, 1차 회절광 이외의 임의의 차수의 회절광(예컨대 2차광 등)을 이용하여도 좋다.

[0087] (3) 전술한 실시예에서는 광원으로서 레이저 광원(12)을 이용하기로 하였지만, 이도 일 예이며, 저렴한 LED[저(低) 코히런스]광원을 이용하여도 좋다. 이 때 반도체 레이저(간섭 가능한 거리 1mm) 이외의 저비용의 광원, 예컨대 간섭 가능한 거리가 개략 10 μ m 이하인 LED를 이용할 경우에는 도 4의 (A) 및 도 4의 (B)에 도시하는 회절각 ϕ 을 작게 하는 것에 의해 대응이 가능해진다. 도 4의 (B)에 도시하는 광로 차이는 전술한 수학식 3에서 나타내는 대로이기 때문에, 예컨대 검출 범위 3.6mm의 센서를 구성할 경우에는 $\Delta d=3.6\text{mm}$, 회절각 $\phi=0.76^\circ$ 의 조건으로 하면, 광로 차이 $\Delta=0.36\mu\text{m}$ 이 된다. 즉 간섭하는 2개의 광로 차이가 간섭 가능한 거리(공간적 코히런스 길이)인 10 μm 보다도 작아지기 때문에, 측정 한계 내에 들어가 측정이 가능해진다. 또한 상기 회절각 ϕ 은 전술한 바와 같이, 격자 피치 P의 변경에 의해 임의적으로 대응이 가능하다.

[0088] (4) 상기 실시예 1에서는 응용예로서 전동 어시스트 자전거(50)의 브레이크 와이어의 연장(장력)에 의한 변위량을 측정하는 것에 의해 제동력을 검출하도록 하였지만, 브레이크 와이어(56)를 지지하는 튜브(58) 사이에 변위 계측 유닛(70)을 개재하여 변위 계측 유닛(70)으로의 브레이크 와이어(56)의 길이 방향의 응력으로부터 제동력을 검출하여도 좋다.

[0089] (5) 상기 실시예 1에서는 제1 회절 격자(16), 반투과 반반사 미러(22), 전반사 미러(24), 광 센서(28)로부터 이루어지는 제1 변위량 검출부(와이어 이동량 검출부); 및 제2 회절 격자(18), 제3 회절 격자(20), 광 센서(26)로부터 이루어지는 제2 변위 검출부(와이어 연장량 검출부);의 쌍방을 설치하도록 하였지만 이는 일 예이며, 제2 변위 검출부는 필요에 따라 설치하도록 하면 된다.

[0090] (6) 전술한 실시예 1에서는 전동 어시스트 자전거(50)에 회생 브레이크를 효율 좋게 걸기 위해서 브레이크 와이어(56)의 연장량과 이동량의 쌍방을 검출하는 장치를 구체예로서 예를 들었지만 이는 일 예이며, 본 발명은 기계계의 일그러짐[歪] 측정 등과 같이, 미소한 변위의 계측 전반이나 미소한 길이의 계측기의 교정 등에 적용이 가능하다. 예컨대 카메라의 줌이나 포커스 기능은 현재로서는 메카니컬 스위치 어레이(mechanical switch array)로 위치 검출을 수행하지만, 본 발명을 적용하는 것에 의해 위치 검출 장치의 소형화와 플렉시블(flexible)화의 요구에 응하는 것이 가능해진다. 또한 검출 범위의 확대에 의해, 과장 이상의 이동에 대하여 리니어적인 검출이 가능해지는 것으로부터 광 마이크로폰 등으로의 응용도 가능하다. 또한 미소한 진동 등의 검출

도 가능하며, 진동 센서 등으로의 응용도 가능하다.

산업상 이용가능성

[0091] 제1 관점의 발명에 의하면, 평행 광축 방향의 전반사 미러의 상대적인 변위량을 서브 μm 로부터 20mm 전후까지의 광범위한 측정을 가능하도록 하였으므로, 미소한 변위를 측정하기 위한 변위 계측 장치의 용도에 적용할 수 있다. 특히 온도나 환경의 보정 없이 정확하게 계측할 수 있기 때문에, 기계계의 일그러짐이나 비틀림 등을 측정하는 것이 가능하다. 또한 전동 어시스트 자전거의 브레이크 와이어의 이동량 또는 연장량을 검출하거나 하는 용도에 바람직하다.

[0092] 또한 제1 관점의 발명에 제2 관점의 발명을 추가하는 것에 의해, 평행광의 축 방향의 전반사 미러의 변위량을 측정 가능하도록 하는 것과 동시에, 1개의 광원으로 상기 전반사 미러의 변위량과는 다른 위치?다른 검출 감도로 한 쌍의 회절 격자 사이의 변위 측정이 동시에 또는 시계열적으로 가능해진다. 그렇기 때문에, 변위 측정의 검출 대상이 복수일 경우, 예컨대 전동 어시스트 자전거의 브레이크 와이어의 연장량과 이동량 등의 센서로서 바람직하다.

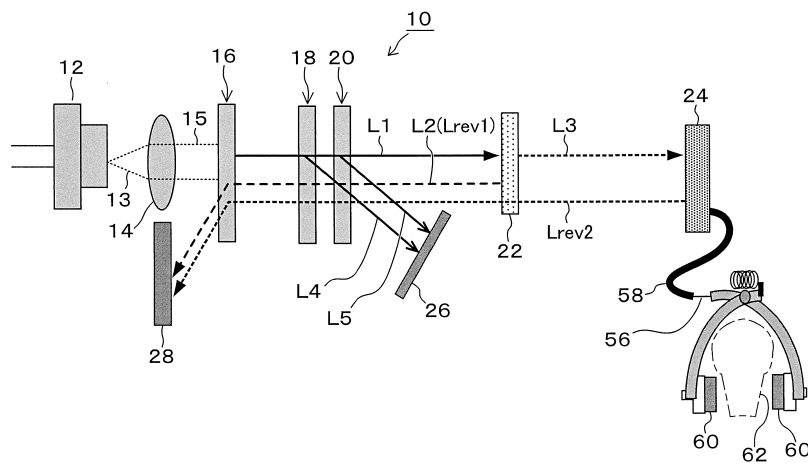
부호의 설명

- [0093]
- | | |
|---------------|-----------------|
| 10: 변위 계측 장치 | 11: 광체 |
| 11A, 11B: 측면 | 12: 레이저 광원 |
| 13: 레이저광 | 14: 콜리메이터 렌즈 |
| 15: 평행광 | 16: 제1 회절 격자 |
| 18: 제2 회절 격자 | 18A, 18B: 홈 |
| 20: 제3 회절 격자 | 22: 반투과 반반사 미러 |
| 24: 전반사 미러 | 26, 28: 광 센서 |
| 30: 직진광 | 32, 34: 회절광 |
| 36: 간섭광 | 50: 전동 어시스트 자전거 |
| 52: 핸들 | 54: 브레이크 레버 |
| 56: 브레이크 와이어 | 58: 튜브 |
| 60: 브레이크 패드 | 62: 림 |
| 64: 컨트롤러 | 66: 모터 |
| 68: 배터리 | 70: 변위 계측 유닛 |
| 72: 투명 수지 성형체 | 72A, 72B: 측면 |
| 74: 관통공 | 76A, 76B: 나사 |
| 78: 레이저 구동 회로 | 80A?80F: 스페이스 |
| 80F: 통로 | 82: I/V변환 회로 |
| 84: 나사 | 86A, 86B: 슬릿 |
| 90: 증폭 회로 | 92: 슬라이서 |
| 94: 클럭 카운터 | 96: 연산 장치 |
| 100: 변위 계측 장치 | 102: 제3 회절 격자 |
| 104: 위상판 | 106: 2분할 광 센서 |
| 108: 연산 장치 | 200: 마이켈슨 간섭계 |
| 202: 레이저 광원 | 204: 콜리메이터 렌즈 |

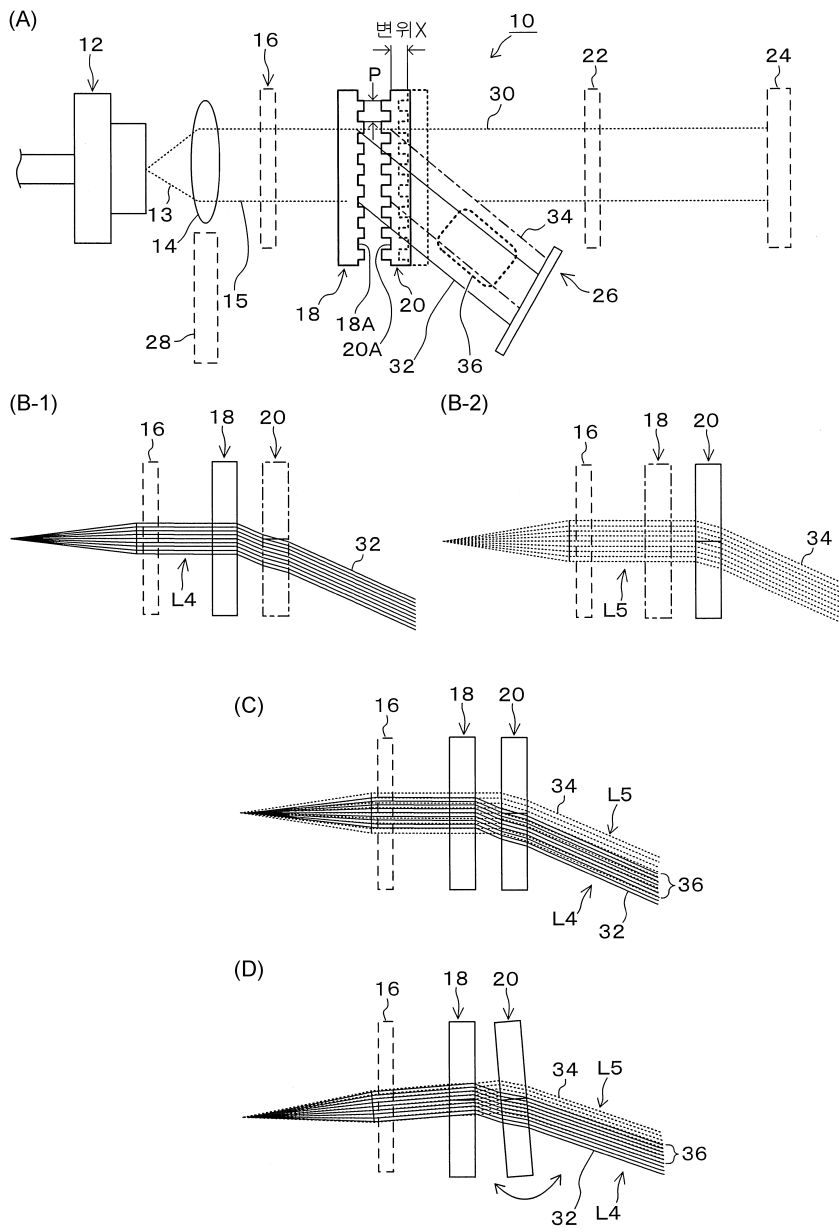
- | | |
|----------------------|----------------------|
| 206: 스플리터 | 208: 고정 미러 |
| 210: 가동 미러 | 212: 광 센서 |
| 214: 고정측 유닛 | 216: 간섭무늬 |
| F1?F3: 테두리 | L1?L5: 광로 |
| Lrev1, Lrev2: 회귀광 | LD: 레이저 다이오드 |
| OP, OP1, OP2: 연산 증폭기 | PD, PD1, PD2: 포토다이오드 |
| R1: 전류 제한 저항 | R2?R7: 저항 |

도면

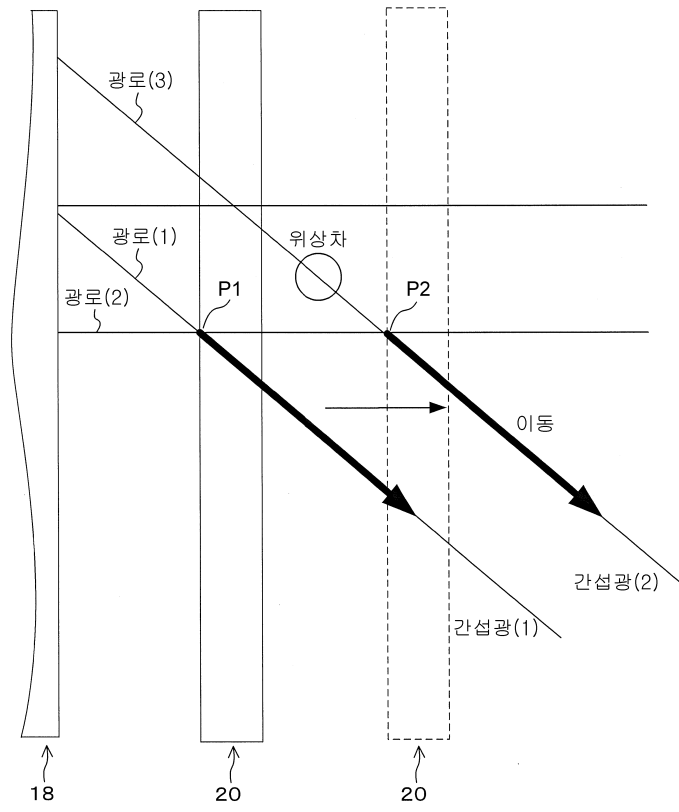
도면1



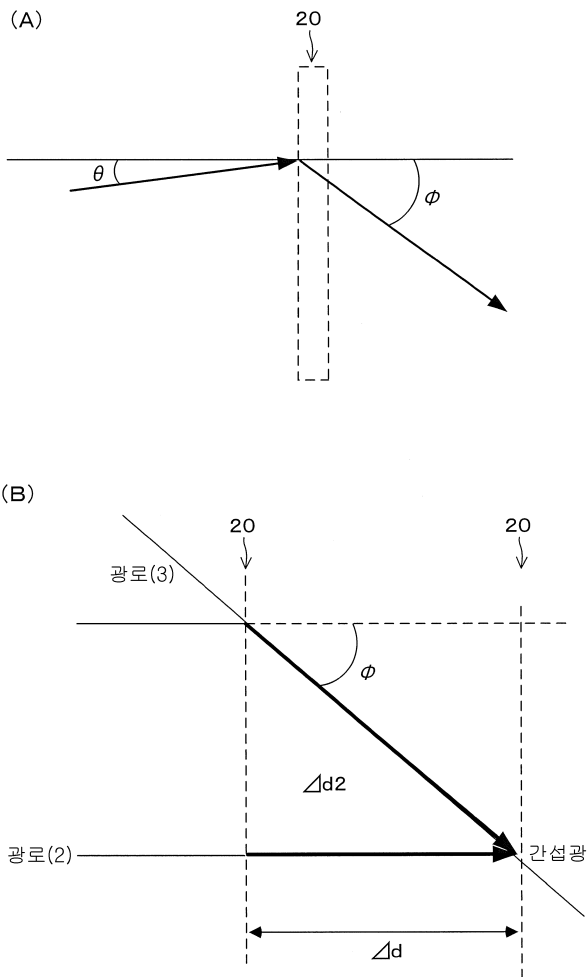
도면2



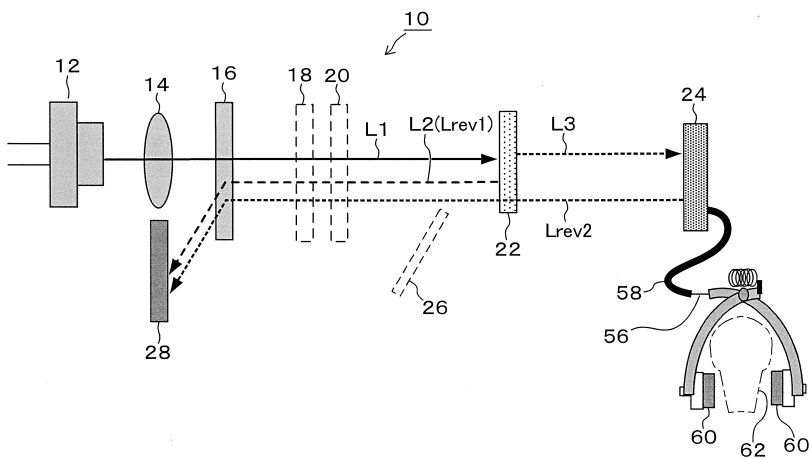
도면3



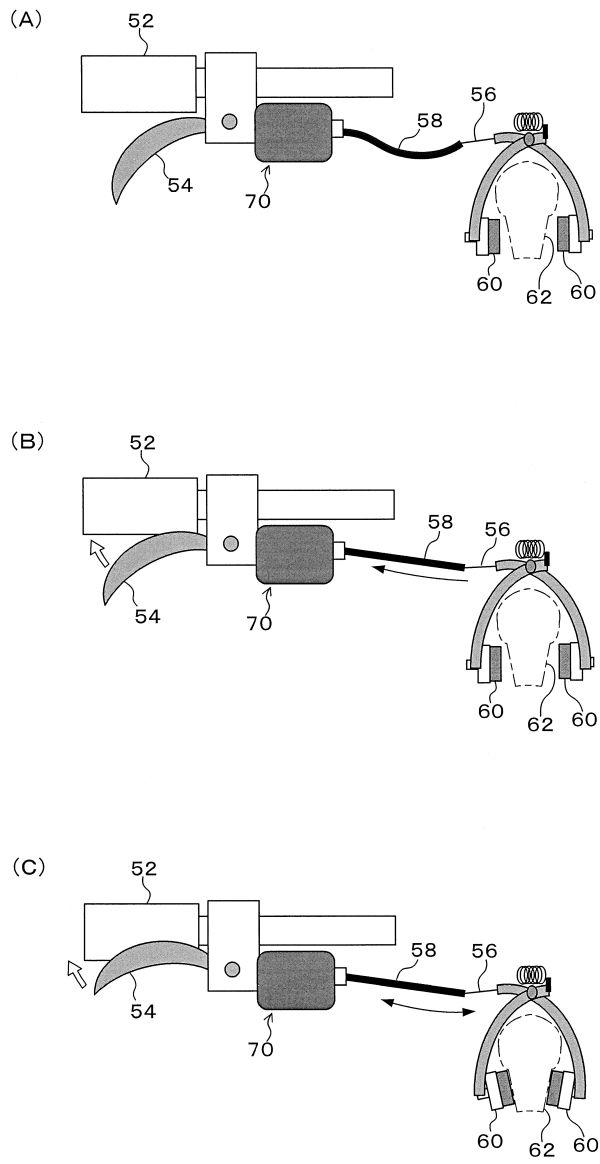
도면4



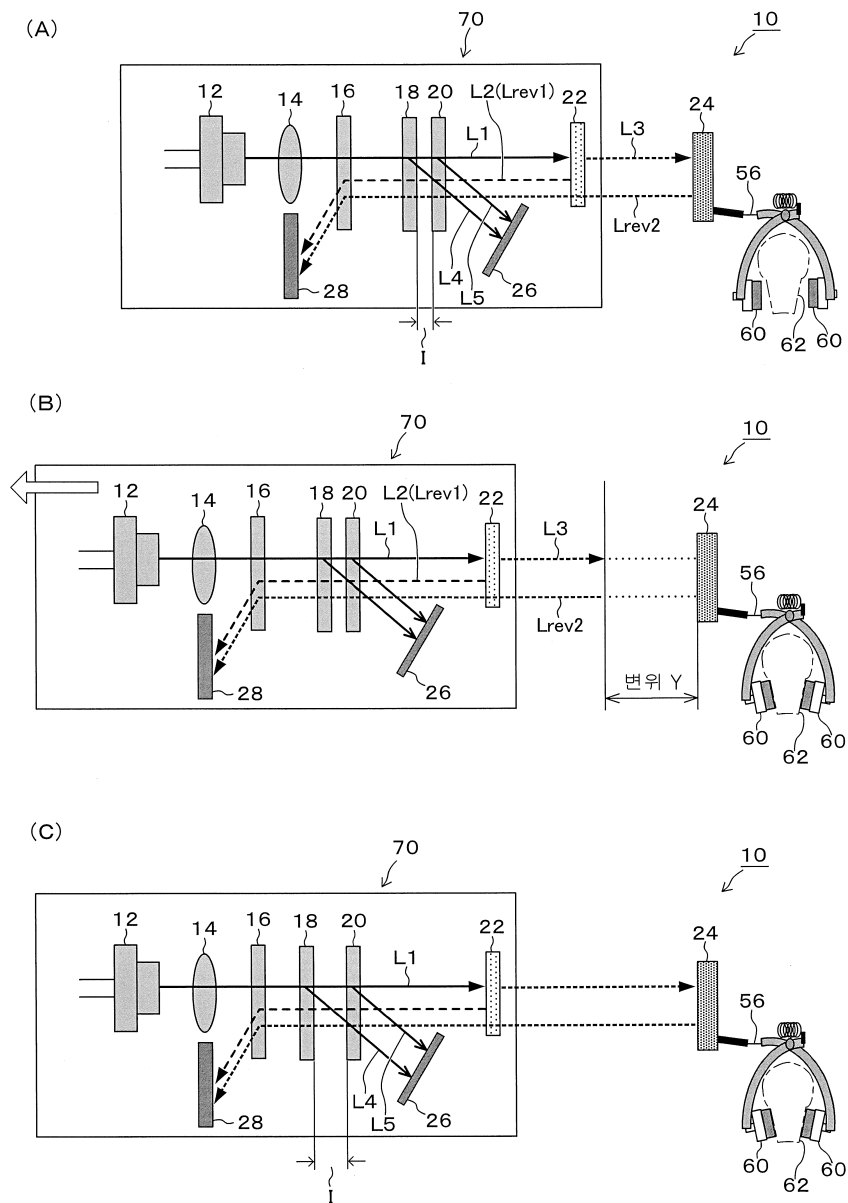
도면5



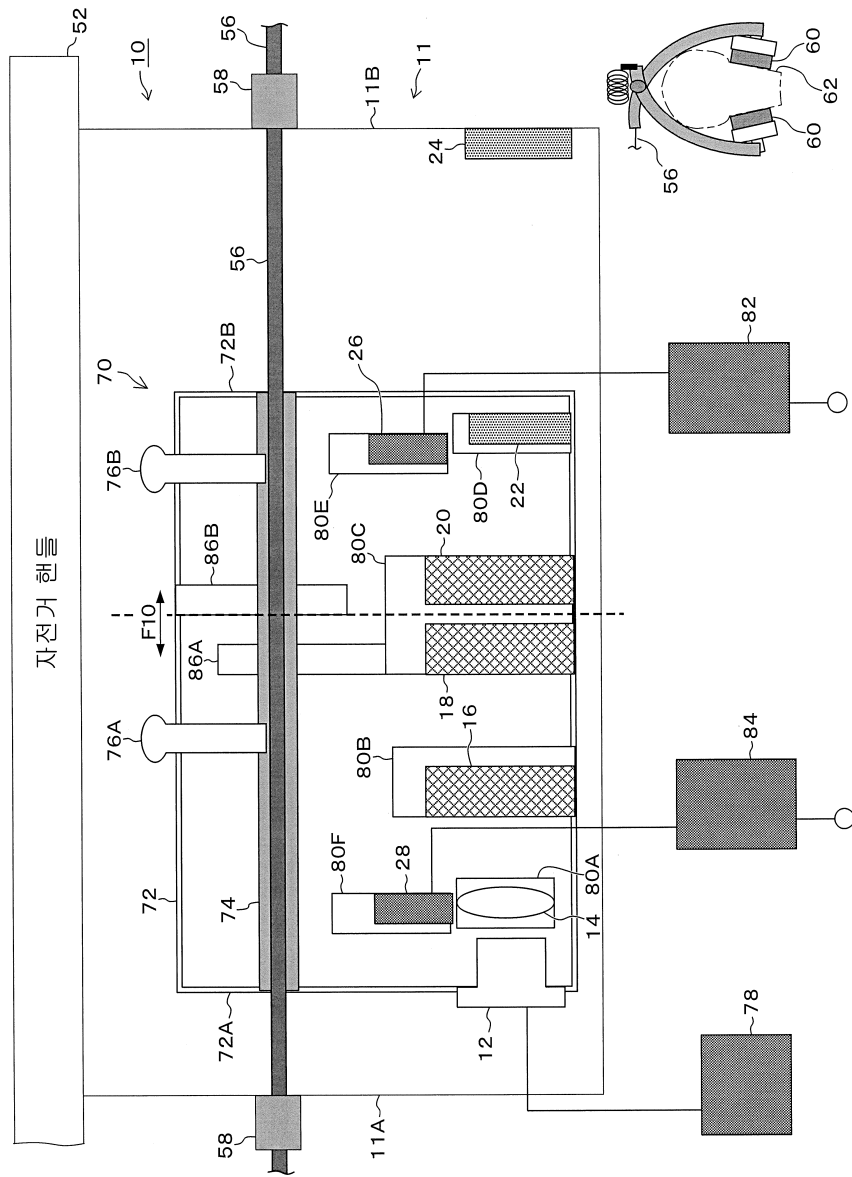
도면8



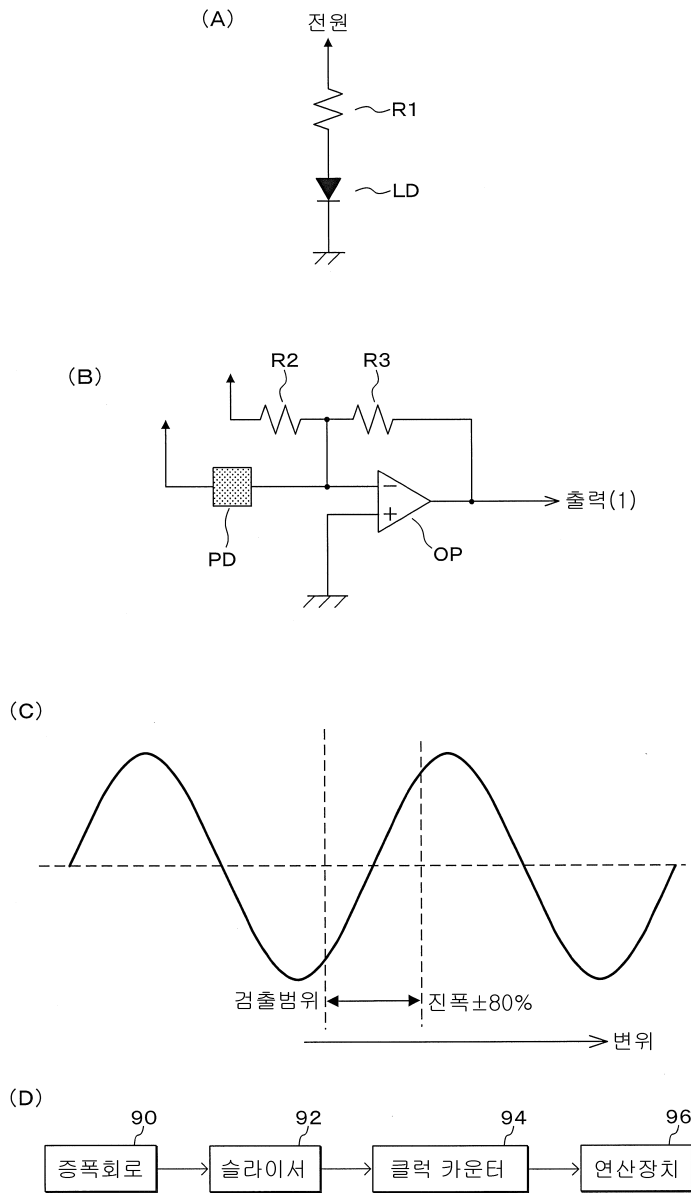
도면9



도면10

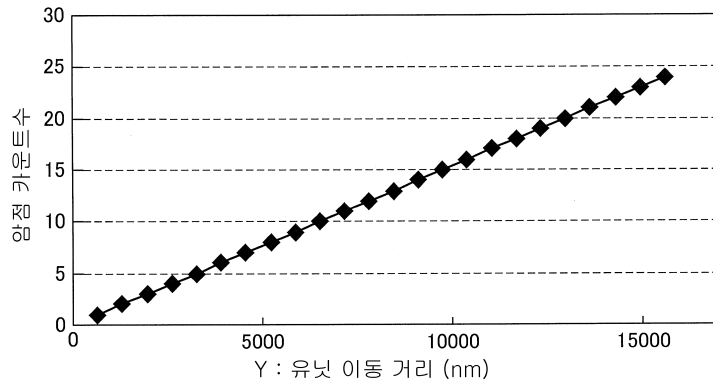


도면11

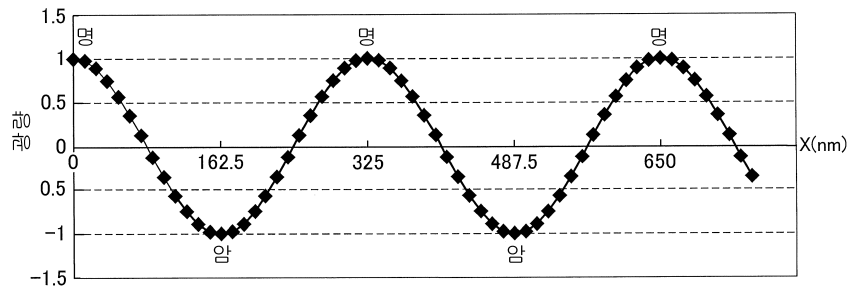


도면12

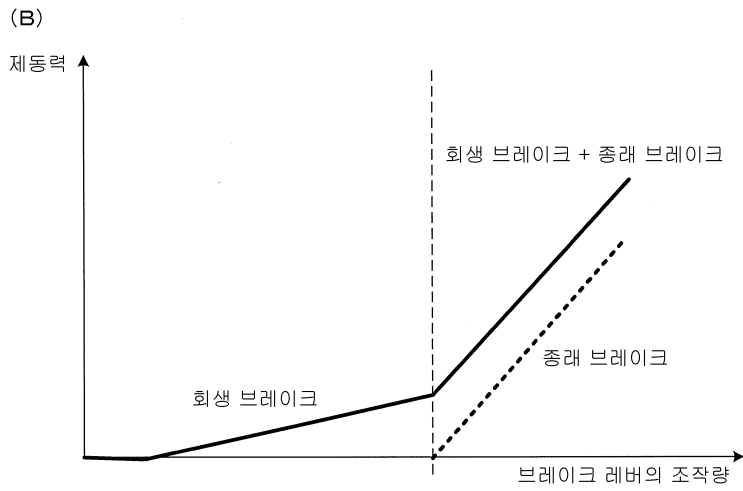
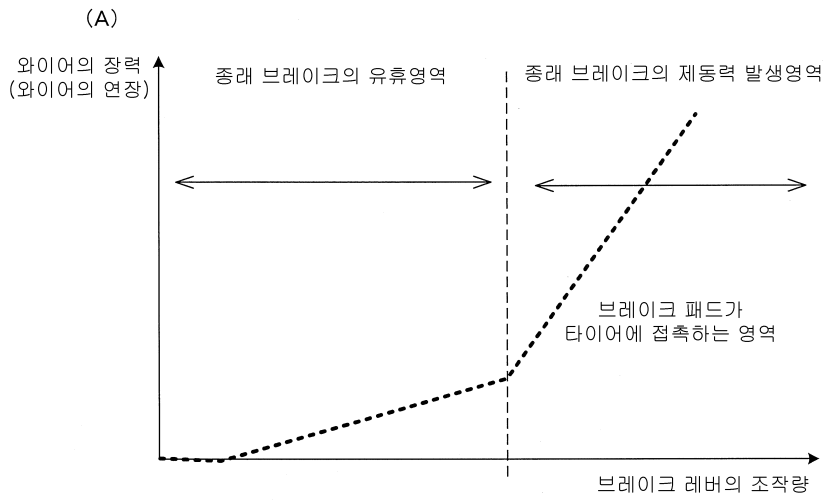
(A)



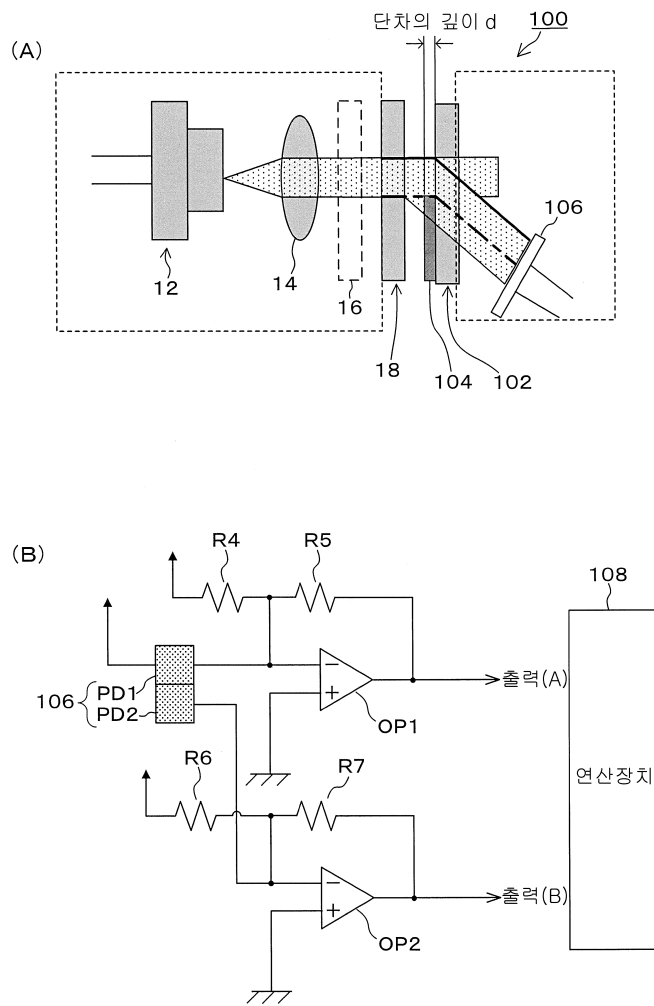
(B)



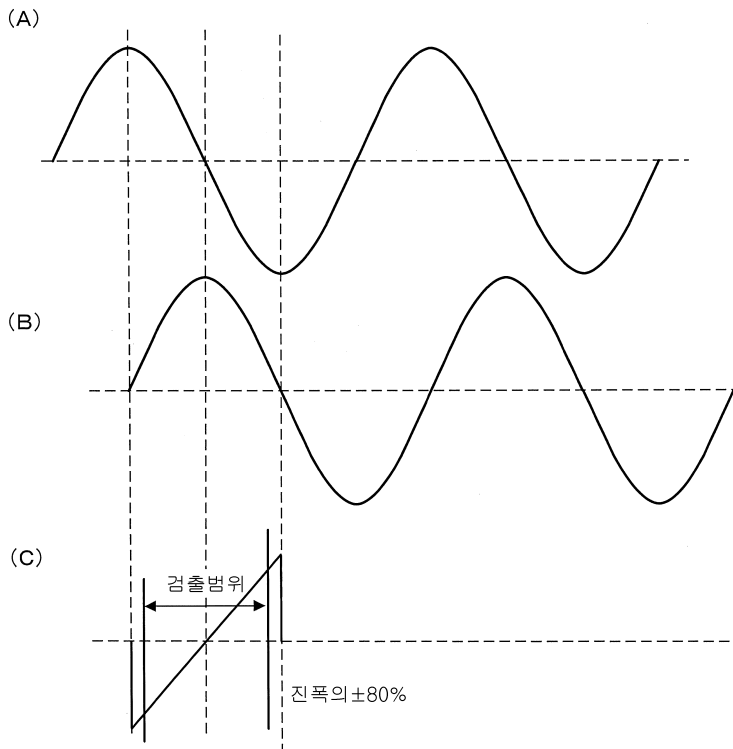
도면13



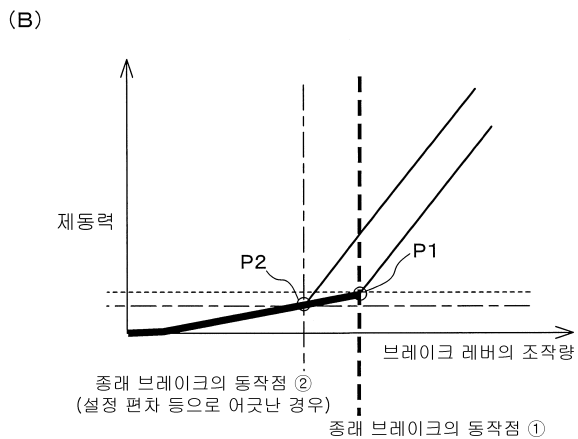
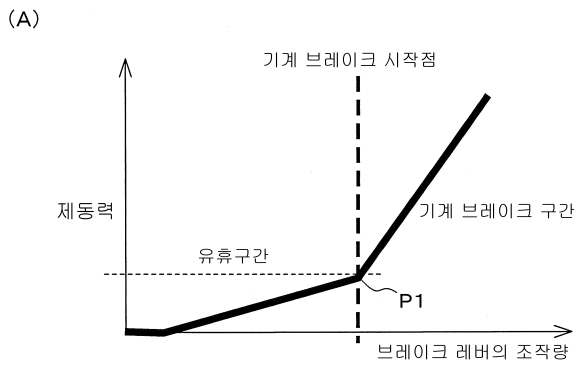
도면14



도면15



도면16



도면17

