



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2012년12월21일
 (11) 등록번호 10-1214388
 (24) 등록일자 2012년12월14일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
 G01K 11/32 (2006.01) G01D 21/02 (2006.01)
 G01B 11/16 (2006.01) G01K 5/72 (2006.01)
 (21) 출원번호 10-2011-0080127
 (22) 출원일자 2011년08월11일
 심사청구일자 2011년08월11일
 (65) 공개번호 10-2012-0127156
 (43) 공개일자 2012년11월21일
 (30) 우선권주장
 1020110044511 2011년05월12일 대한민국(KR)
 (56) 선행기술조사문헌
 JP58009119 A
 JP05281041 A
 JP55107930 A
 JP2004264114 A

(73) 특허권자
한국과학기술원
 대전 유성구 구성동 373-1
 (72) 발명자
김천곤
 대전광역시 유성구 대학로 291, 한국과학기술원
 내 (구성동)
이연관
 광주광역시 광산구 소촌로42번길 17 (소촌동)
 (뒷면에 계속)
 (74) 대리인
전영일

전체 청구항 수 : 총 9 항

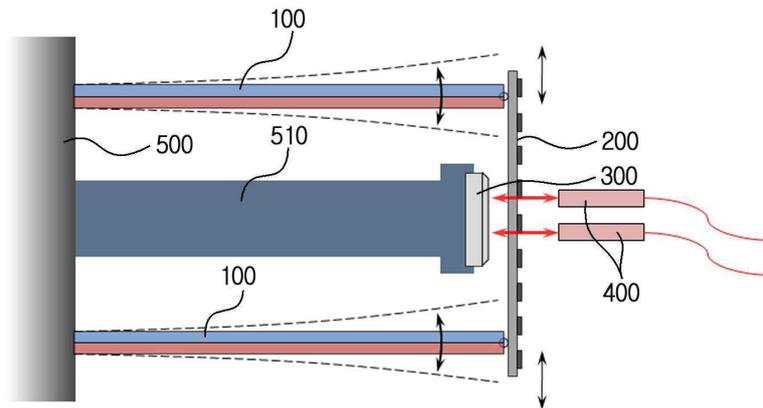
심사관 : 정세환

(54) 발명의 명칭 **투과 격자판과 거울을 이용한 광섬유 센서**

(57) 요약

이 발명의 투과 격자판과 거울을 이용한 광섬유 센서는, 외부환경의 온도변화 또는 측정대상물의 거동변화에 따라 발생하는 변위를 투과 격자판과 반사 거울 및 광섬유를 이용해 측정한 후, 이를 이용해 외부환경의 온도변화 또는 측정대상물의 거동변화(변위, 압력, 진동 또는 가속도 등등)에 대한 다양한 측정이 가능하도록 구성되어 있다.

대표도 - 도1



(72) 발명자

장병욱

대전광역시 유성구 대학로 291, 한국과학기술원 향
공우주공학과 (구성동)

김진혁

대전광역시 유성구 대학로 291, 한국과학기술원 향
공우주공학과 2313호 (구성동)

김윤영

대전광역시 유성구 대학로 291, 한국과학기술원 향
공우주공학과 2313호 (구성동)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 2007-2004453

부처명 원자력연구개발사업

연구사업명 방사선기술개발사업(첨단비파괴기술)

연구과제명 무아래 광섬유 센서 시스템을 이용한 다점측정(multiplexing) 및 다변수(multi-parameter)

측정 기술 개발 연구

주관기관 한국과학기술원

연구기간 2010.06.01 ~ 2011.05.31

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 2011-0030065

부처명 교육과학기술부

연구사업명 과학기술국제화사업

연구과제명 복합재 구조 건전성관리 및 신뢰성평가 원천기술 개발

주관기관 전북대학교

연구기간 2011.07.01 ~ 2013.06.30

특허청구의 범위

청구항 1

고정부재와;

상기 고정부재에 일측이 고정되어 외부환경의 온도변화 또는 측정대상물의 거동변화에 따라 변위변화로 반응하는 반응수단과;

상기 반응수단의 단부에 설치되며, 투과물질로 구성되어 투과영역을 형성하는 투과면과 상기 투과면보다 상대적으로 낮은 투과율을 갖는 비 투과물질로 구성되어 비 투과영역을 형성하는 비 투과면이 주기적으로 배열된 격자 형태의 투과 격자판과;

상기 투과 격자판의 일측에 위치하도록 상기 고정부재에 고정되는 반사 거울; 및

상기 반사 거울과 대향하는 상기 투과 격자판의 타측에 위치함과 더불어 상기 투과 격자판의 표면과 수직한 방향으로 그 단부가 위치하도록 상기 고정부재에 고정되며, 상기 투과 격자판에 광을 조사하는 조사부와 상기 투과 격자판에서 투과된 후 상기 반사 거울에서 반사되는 반사광을 수신하는 수광부의 역할을 각각의 위치에서 각각 하는 한 쌍의 광섬유를 포함하며,

상기 투과 격자판, 상기 반사 거울 및 상기 한 쌍의 광섬유는 정현파의 신호가 출력되는 이격거리를 갖도록 각각 설치되며,

상기 한 쌍의 광섬유는 상기 정현파를 기준으로 상대적으로 90° ($\pi/2$)의 위상을 가지는 위치에 설치되는 것을 특징으로 하는 투과 격자판과 거울을 이용한 광섬유 센서.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 반응수단은 일측이 상기 고정부재에 외팔보 형태로 일정 간격을 두고 각각 고정되고 타측이 상기 투과 격자판에 각각 연결되는 한 쌍의 바이메탈 부재인 것을 특징으로 하는 투과 격자판과 거울을 이용한 광섬유 센서.

청구항 3

청구항 1에 있어서,

상기 반응수단은 일측이 상기 고정부재에 고정되고 타측이 상기 투과 격자판에 고정되는 나선 형태의 바이메탈 소재를 갖는 바이메탈 부재인 것을 특징으로 하는 투과 격자판과 거울을 이용한 광섬유 센서.

청구항 4

청구항 1에 있어서,

상기 반응수단은 일측이 상기 고정부재에 고정되고 타측이 상기 투과 격자판에 고정되는 연결부재인 것을 특징으로 하는 투과 격자판과 거울을 이용한 광섬유 센서.

청구항 5

청구항 1에 있어서,

상기 반응수단은 상기 고정부재에 고정되는 단일 감쇠자와, 상기 단일 감쇠자의 상부에 설치되는 단일 탄성자, 및 일측은 상기 단일 탄성자의 상부에 고정되고 타측은 상기 투과 격자판에 고정되는 단일 질량체로 구성되는 것을 특징으로 하는 투과 격자판과 거울을 이용한 광섬유 센서.

청구항 6

청구항 1에 있어서,

상기 반응수단은 상기 고정부재에 고정되어 수직방향으로 세워져 설치되는 가이드바와, 상기 고정부재에 고정되

어 수직방향으로 세워져 설치되며 상기 가이드바의 일측에 설치되며 상부에 상기 투과 격자판이 고정된 탄성자, 및 상기 투과 격자판의 상부에 설치되어 외부의 압력이 상기 투과 격자판에 부가되도록 하는 압력 부가판으로 구성되는 것을 특징으로 하는 투과 격자판과 거울을 이용한 광섬유 센서.

청구항 7

청구항 1 내지 청구항 6 중 어느 한 항에 있어서,

상기 투과면의 폭과 상기 비 투과면의 폭이 상기 광섬유에서 조사되는 광빔의 직경과 동일하거나 작은 것을 특징으로 하는 투과 격자판과 거울을 이용한 광섬유 센서.

청구항 8

청구항 7에 있어서,

상기 비 투과면은 반사성 물질 또는 흡수성 물질로 구성되는 것을 특징으로 하는 투과 격자판과 거울을 이용한 광섬유 센서.

청구항 9

청구항 1 내지 청구항 6 중 어느 한 항에 있어서,

상기 광섬유의 단부에는 상기 광섬유로 투과되는 투과광의 광량을 증가시키기 위해 평행광을 만들어주는 시준기(collimator)가 더 장착되는 것을 특징으로 하는 투과 격자판과 거울을 이용한 광섬유 센서.

명세서

기술분야

[0001] 이 발명은 광섬유 센서에 관한 것이며, 더욱 상세하게는 외부환경의 온도변화 또는 측정대상물의 거동변화에 따라 발생하는 변위를 격자판과 반사 거울 및 광섬유를 이용해 측정된 후, 이를 이용해 외부환경의 온도변화 또는 측정대상물의 거동변화(변위, 압력, 진동 또는 가속도 등등)에 대한 다양한 측정이 가능한 투과 격자판과 거울을 이용한 광섬유 센서에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 교량, 대형 건축물 또는 발전설비와 같은 대형 구조물은, 매우 복잡한 만큼 다양한 원인에 의해 사고가 발생할 수 있다. 이러한 사고는 막대한 인명과 재산상의 손실을 발생시키고, 산업현장과 일상생활에 큰 불편을 초래할 수 있다. 따라서, 이러한 대형 구조물의 안전유지를 위해서는 재난이 발생하기 전에 정기적으로 점검하여 상황에 맞게 수리 또는 보수를 해야 한다.

[0003] 그러나, 전자기적 환경이 열악한 발전소와 철도 선로의 경우에는, 설치되는 센서의 수가 많고 센서를 연결하는 전선의 길이도 상당히 길어 전자파를 차단하지 못할 경우 신호 잡음 문제가 심각하다. 따라서, 기존의 전자기 반 센서를 사용하는 데 문제가 있다.

[0004] 광섬유 센서는 지능형 구조물(smart structure)의 감지계이기도 하다. 이러한 광섬유 센서는 빛을 이용하여 측정하기 때문에 전자기파의 간섭을 받지 않는다. 따라서, 전자기파 환경이나 구조물의 운용 중에도 사용이 가능하다. 또한, 감도가 매우 뛰어나고, 결함의 실시간 측정이 가능하다. 또한, 크기가 작고 가벼워서 구조물에 적용할 경우 무게 집중 효과가 적으며, 직경이 매우 작고 유연하여 사용자가 원하는 크기로 제작할 수 있다. 이밖에도 센서 수명과 직결되는 부식과 같은 환경적 영향에 강하고, 온도특성이 우수하여 넓은 운용온도 범위에서 사용이 가능하며, 원거리에서도 정보를 취득할 수 있어 위험한 환경에서도 실험장비나 인명 손실의 걱정 없이 모니터링(monitoring)이 가능한 장점 등이 있다.

[0005] 이러한 장점들로 인해 지금까지 광섬유 센서를 이용하여 물리량을 측정하는 다양한 연구가 진행되어 왔다. 또한, 구조물의 건전성을 모니터링하기 위한 감지센서로서 광섬유 센서에 대한 다양한 연구가 진행되어 왔다. 그러나, EFPI(extrinsic fabry-perot interferometric) 센서의 경우에는 간섭신호를 이용하므로 현미경을 이용하여 미소한 간극을 만들어 주어야 하고, 간섭신호가 정현파로 나오지 않기 때문에 신호처리가 복잡하다.

그리고, FBG(fiber Bragg grating) 센서의 경우에는 시스템을 구성하는 데 많은 비용이 소요되기 때문에 비경제적이다.

[0006] 그리고, 종래에는 격자무늬 패턴을 이용하여 변위, 스트레인 또는 가속도 등을 측정하는 기술들이 있다. 이 기술은 2개의 격자무늬 패턴(Grating Pattern)이 서로 겹쳐져 있을 때 발생하는 무아레 프린지 현상을 이용한다. 따라서, 이 기술은 2개의 격자판이 필요하다. 또한, 이 기술은 투과신호를 이용해 변위, 스트레인 또는 가속도 등을 측정하기 때문에, 발광부와 수광부의 역할을 각각 수행하는 2개의 광섬유를 한 쌍으로 구성해야 한다. 그로 인해, 센서로 제작할 경우에는 양쪽으로 광섬유 라인이 뻗어 있게 되므로 그 구조가 복잡해지는 단점이 있다.

[0007] 따라서, 토목 구조물이나 건축 구조물, 전자기적 환경이 열악한 발전소나 철도 선로 등의 광범위한 분야에서 적용할 수 있는 단순하고 경제적이면서 효율적인 센서에 대한 연구개발이 절실히 요구되고 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0008] 이 발명은 외부환경의 온도변화 또는 측정대상물의 거동변화에 따라 발생하는 변위를 투과면과 비 투과면이 주기적으로 형성된 투과 격자판과 이 투과 격자판을 투과한 광을 반사시키는 반사 거울 및 이 반사 거울에서 반사된 광을 수신하는 광섬유를 이용하여 측정된 후, 이를 이용해 외부환경의 온도변화 또는 측정대상물의 거동변화(변위, 압력, 진동 또는 가속도 등등)에 대한 다양한 측정이 가능한 투과 격자판과 거울을 이용한 광섬유 센서를 제공하는 데 그 목적이 있다.

[0009] 또한, 이 발명은 전자기파 간섭을 받지 않는 한 가닥의 광섬유와 1개의 투과 격자판을 이용함에 따라, 토목 구조물이나 건축 구조물, 전자기적 환경이 열악한 발전소나 철도 선로 등의 광범위한 분야에서 적용할 수 있는 저렴한 투과 격자판과 거울을 이용한 광섬유 센서를 제공하는 데 다른 목적이 있다.

과제의 해결 수단

[0010] 이 발명의 투과 격자판과 거울을 이용한 광섬유 센서는, 고정부재와; 고정부재에 일측이 고정되어 외부환경의 온도변화 또는 측정대상물의 거동변화에 따라 변위변화로 반응하는 반응수단과; 반응수단의 단부에 설치되며, 투과물질로 구성되어 투과영역을 형성하는 투과면과 투과면보다 상대적으로 낮은 투과율을 갖는 비 투과물질로 구성되어 비 투과영역을 형성하는 비 투과면이 주기적으로 배열된 격자 형태의 투과 격자판과; 투과 격자판의 일측에 위치하도록 고정부재에 고정되는 반사 거울; 및 반사 거울과 대향하는 투과 격자판의 타측에 위치함과 더불어 투과 격자판의 표면과 수직인 방향으로 그 단부가 위치하도록 고정부재에 고정되며, 투과 격자판에 광을 조사하는 조사부와 투과 격자판에서 투과된 후 반사 거울에서 반사되는 반사광을 수신하는 수광부의 역할을 각각의 위치에서 각각 하는 한 쌍의 광섬유를 포함하며, 투과 격자판, 반사 거울 및 한 쌍의 광섬유는 정현파의 신호가 출력되는 이격거리를 갖도록 각각 설치되며, 한 쌍의 광섬유는 정현파를 기준으로 상대적으로 90° ($\pi/2$)의 위상을 가지는 위치에 설치되는 것을 특징으로 한다.

[0011] 이 발명의 반응수단은 일측이 고정부재에 외팔보 형태로 일정 간격을 두고 각각 고정되고 타측이 투과 격자판에 각각 연결되는 한 쌍의 바이메탈 부재이거나, 일측이 고정부재에 고정되고 타측이 투과 격자판에 고정되는 나선 형태의 바이메탈 소재를 갖는 바이메탈 부재일 수 있다.

[0012] 이 발명의 반응수단은 일측이 고정부재에 고정되고 타측이 투과 격자판에 고정되는 연결부재일 수 있다.

[0013] 이 발명의 반응수단은 고정부재에 고정되는 단일 감쇠자와, 단일 감쇠자의 상부에 설치되는 단일 탄성자, 및 일측은 단일 탄성자의 상부에 고정되고 타측은 투과 격자판에 고정되는 단일 질량체로 구성될 수 있다.

[0014] 이 발명의 반응수단은 고정부재에 고정되어 수직방향으로 세워져 설치되는 가이드바와, 고정부재에 고정되어 수직방향으로 세워져 설치되며 가이드바의 일측에 설치되며 상부에 투과 격자판이 고정된 탄성자, 및 투과 격자판의 상부에 설치되어 외부의 압력이 투과 격자판에 부가되도록 하는 압력 부가관으로 구성될 수 있다.

[0015] 이 발명은 투과면의 폭과 비 투과면의 폭이 광섬유에서 조사되는 광빔의 직경과 동일하거나 작을 수 있고, 비

투과면은 반사성 물질 또는 흡수성 물질로 구성될 수 있다.

[0016] 이 발명의 광섬유는 단부에는 광섬유로 투과되는 투과광의 광량을 증가시키기 위해 평행광을 만들어주는 시준기(collimator)가 더 장착될 수 있다.

발명의 효과

[0017] 이 발명은 투과면과 비 투과면이 주기적으로 형성된 투과 격자판과 이 투과 격자판을 투과한 광을 반사시키는 반사 거울 및 이 반사 거울에서 반사된 광을 수신하는 광섬유를 이용하여 측정된 후, 이를 이용해 외부환경의 온도변화 또는 측정대상물의 거동변화(변위, 압력, 진동 또는 가속도 등등)에 대한 다양한 측정이 가능한 센서 제작이 가능하다.

[0018] 또한, 이 발명은 전자기파 간섭을 받지 않는 한 가닥의 광섬유와 1개의 투과 격자판 및 반사 거울을 이용함에 따라, 저렴한 비용으로 토목 구조물이나 건축 구조물, 전자기적 환경이 열악한 발전소나 철도 선로 등의 광범위한 분야에서 적용할 수 있는 센서 제작이 가능하다.

[0019] 또한, 이 발명은 외부환경의 온도변화량 또는 측정대상물의 거동변화량을 기계적 메커니즘과 그에 따른 광 신호만으로 측정하기 때문에, 외부 전자기파 및 잡음에 의한 영향을 받지 않고 온도를 측정할 수 있는 장점이 있다.

[0020] 또한, 이 발명은 고정된 반사 거울을 이용해 반사면의 기능을 하고 투과 격자판을 이용해 투과면의 기능을 하도록 구성됨에 따라, 비 투과면 또는 흡수면을 갖는 투과 격자판의 이용이 가능하고, 또한 온도변화 또는 거동변화에 따른 반응수단의 변위량이 커져서 투과 격자판이 비틀어지더라도 고정된 반사 거울을 통해 반사가 이루어지기 때문에 정확한 온도, 변위, 압력, 진동 또는 가속도 등의 측정이 가능하다. 즉, 기본적으로 투과 격자판이 이동할 때 투과 격자판의 각도가 비틀어지지 않도록 특별히 고안된 연결부 혹은 가이드 바(guide bar)를 사용할 수 있는데, 그럼에도 불구하고 공차에 의한 비틀어짐에 의해 수광되는 광량이 크게 영향을 받을 수 있으나, 이 발명에서는 고정된 반사 거울을 통해 반사가 이루어지고, 여기서 반사되어 수광되는 광량을 이용하기 때문에 정확한 온도측정이 가능하다.

[0021] 또한, 이 발명은 투과 격자판을 MEMS 공정으로부터 대량생산이 가능하고, 광원(laser source)과 광검출기(photodetector)로 광학시스템을 구성할 수 있으므로, 비용절감 효과를 기대할 수 있어 실 구조물의 적용 활용도를 높일 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0022] 도 1은 이 발명의 한 실시예에 따른 투과 격자판과 거울을 이용한 온도 측정용 광섬유 센서의 구성관계를 도시한 개략도이고,

도 2는 도 1에 도시된 외팔보형 바이메탈 부재의 온도 변화에 따른 곡률 변화와 그에 따라 발생하는 변위를 도시화 한 도면이고,

도 3은 도 1에 도시된 투과 격자판의 구성도이고,

도 4는 도 1에 도시된 온도 측정용 광섬유 센서를 포함한 시스템의 구성관계를 나타낸 구성도이고,

도 5는 도 4에 도시된 온도 측정용 광섬유 센서를 포함한 시스템을 통해 취득한 신호형태를 나타낸 그래프이고,

도 6은 이 발명의 다른 실시예에 따른 투과 격자판과 거울을 이용한 온도 측정용 광섬유 센서의 구성관계를 도시한 개략도이며,

도 7 내지 도 9는 이 발명의 다른 실시예에 따른 투과 격자판과 거울을 이용한 변위, 진동 및/또는 가속도, 압력 측정용 광섬유 센서의 구성관계를 각각 도시한 개략도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0023] 이 발명에 따른 투과 격자판과 거울을 이용한 광섬유 센서는, 외부환경의 온도변화 또는 측정대상물의 거동변화에 따라 발생하는 변위를 투과 격자판과 반사 거울 및 광섬유를 이용해 측정된 후, 이를 이용해 외부환경의 온도변화 또는 측정대상물의 거동변화(변위, 압력, 진동 또는 가속도 등등)에 대한 다양한 측정이 가능하도록 구

성되어 있다. 여기서, 외부환경의 온도변화 또는 측정대상물의 거동변화는 반응수단에서 반응하여 그 변위량을 투과 격자판에 전달하도록 구성되어 있다.

- [0024] 아래에서는 이 발명에 따른 기술적 특징을 투과 격자판과 거울을 이용한 온도 측정용 광섬유 센서를 그 일례로 하여 상세히 설명한다.
- [0025] 이 발명에 따른 투과 격자판과 거울을 이용한 온도 측정용 광섬유 센서는, 온도변화에 따라 바이메탈 부재(100)에서 발생하는 변위를 투과 격자판(200), 반사 거울(300) 및 광섬유(400)를 이용하여 측정된 후 이를 계산하여 온도를 측정하도록 구성된다. 여기서, 바이메탈 부재(100)가 외부환경의 온도변화에 따라 반응하여 그에 따른 변위량을 투과 격자판(200)에 전달하는 반응수단의 역할을 한다.
- [0026] 이 발명은 바이메탈 부재(100)를 외팔보(cantilever beam) 형태로 설치하도록 구성된다. 그런데, 바이메탈 부재(100)를 외팔보 형태로 설치한 상태에서, 온도의 변화가 발생하면 바이메탈 부재(100)에 곡률이 발생하고, 그로 인해 바이메탈 부재(100)의 끝 부분에 수직방향으로의 변위가 발생한다. 그런데, 이 변위량은 온도에 의해 완벽히 선형적이지 않고 그 크기도 상대적으로 작기 때문에, 일반적인 바이메탈 온도계에서는 이런 외팔보 형식이 아닌, 여러 번 꼬인 나선 형태의 바이메탈 부재를 사용하여 그 비틀림의 크기를 이용한다. 따라서, 이 발명에서는 외팔보 혹은 나선 형태의 구조에서 발생하는 변위량을 측정하여 온도를 측정할 수 있는 방법을 제시하고자 한다.
- [0027] 한편, 상기의 변위량을 측정할 수 있는 방법으로는 여러 가지가 있지만, 이 발명에서는 전자기과의 영향을 받지 않도록 각종 전자 소자들을 배제하고, 광섬유와 그에 따른 광신호만으로 측정하는 방법을 이용하고자 한다. 특히, 사용되는 광섬유의 수를 최대한 줄이기 위해서 하나의 광섬유 또는 광섬유 시준기(collimator)가 광 조사부와 광 수광부의 역할을 동시에 수행하도록 구성하는 기술이 필요하다.
- [0028] 이에 가장 간단한 방법으로는 고정된 거울 없이, 반사형 격자판을 사용하고 그 격자판에서 반사된 광 신호를 사용하는 방법이 있을 수 있다. 그러나, 외팔보형 바이메탈 부재의 끝 부분에 격자판을 설치하면 바이메탈 부재가 구부러짐에 따라 격자판의 각도도 비틀어지게 되고, 그로 인해 반사형 격자에서 반사된 광이 수광부로 들어가지 못하는 현상이 발생하게 된다. 이를 방지하기 위해서는 격자판이 움직일 때 1 자유도로만 움직일 수 있도록 하는 가이드를 설치할 수도 있지만, 결국 기계적 공차가 발생할 수밖에 없어 근본적인 해결책이 될 수 없다.
- [0029] 따라서, 이 발명에서는 이러한 격자판의 비틀어짐에 의한 영향을 받지 않고 변위를 측정할 수 있도록, 광섬유(400)에 대하여 고정된 반사 거울(300)을 도입하여 이 문제를 해결하도록 구성한 것이다.
- [0030] 아래에서는 이 발명에 따른 투과 격자판과 거울을 이용한 온도 측정용 광섬유 센서의 양호한 실시예들을 첨부도면을 참조하여 상세히 설명한다.
- [0031] 도 1은 이 발명의 한 실시예에 따른 투과 격자판과 거울을 이용한 온도 측정용 광섬유 센서의 구성관계를 도시한 개략도이다.
- [0032] 도 1에 도시된 바와 같이, 이 실시예에 따른 투과 격자판과 거울을 이용한 온도 측정용 광섬유 센서는, 온도변화에 따라 바이메탈 부재(100)에서 발생하는 변위를, 투과면과 비 투과면이 주기적으로 형성된 투과 격자판(200)과, 이 투과 격자판을 투과한 광을 반사시키는 반사 거울(300), 및 이 반사 거울(300)에서 반사된 광을 수신하는 광섬유(400)를 이용하여 측정된 후, 이를 시스템에 제공해 시스템에서 온도를 측정할 수 있도록 구성한 것이다.
- [0033] 먼저, 이 실시예에 따른 온도 측정용 광섬유 센서 및 이를 포함하는 시스템의 기본 원리에 대해 설명한다.
- [0034] 바이메탈 부재(100)를 외팔보(cantilever beam) 형태로 설치하여 온도의 변화를 주게 되면, 두 금속의 열팽창 계수의 차이로 인해 바이메탈 부재(100)의 끝 부분이 한 쪽의 방향(열팽창 상수가 작은 금속 방향)으로 휘게 된다. 결과적으로 바이메탈 부재(100)의 끝 부분에서 변위 δ 가 발생한다.
- [0035] 도 2는 도 1에 도시된 외팔보형 바이메탈 부재의 온도 변화에 따른 곡률 변화와 그에 따라 발생하는 변위를 도식화 한 도면이다. 도 2에 도시된 바이메탈 부재의 곡률 변화로 인해 발생하는 변위 δ 를 식으로 나타내면, 아래의 수학적 식 1로 나타낼 수 있다.

수학식 1

$$\delta = \frac{1}{\kappa} [1 - \cos(\kappa L)]$$

[0036]

[0037] 여기서 κ 는 바이메탈 부재(100)의 곡률($\kappa = \frac{1}{R}$)로서, 두 금속의 영률(Young's modulus)을 각각 E_1 , E_2 로 나타내고 높이를 h_1 , h_2 로 나타내면 주어진 곡률(κ)은 [Clyne, TW. "Residual stresses in surface coatings and their effects on interfacial debonding." Key Engineering Materials (Switzerland). Vol. 116-117, pp. 307-330. 1996]에 기재된 바와 같이, 아래의 수학식 2와 같이 계산된다.

수학식 2

$$\kappa = \frac{6E_1E_2(h_1+h_2)h_1h_2\varepsilon}{E_1^2h_1^4 + 4E_1E_2h_1^3h_2 + 6E_1E_2h_1^2h_2^2 + 4E_1E_2h_2^3h_1 + E_2^2h_2^4}$$

[0038]

[0039] 여기서 ε 은 서로 다른 금속의 열팽창 계수로 인해 발생하는 변형률의 차이를 나타내는 것으로서, 각각의 금속의 열팽창 계수를 α_1 , α_2 로 나타내었을 때, 아래의 수학식 3으로 표현된다.

수학식 3

$$\varepsilon = (\alpha_1 - \alpha_2)\Delta T$$

[0040]

[0041] 결국, 주어진 온도 변화 ΔT 에 대하여 수직 방향으로의 변위 δ 을 위에서 표현한 일련의 수학식으로부터 계산할 수 있다. 이 원리를 이용한 일례로는 미리 설정한 실내 온도에 따라 보일러의 전원을 켜고 끄는 바이메탈 부재 스위치가 있다. 이 실시예에서는 여기서 발생하는 변위 δ 을 두 개의 광섬유 신호로부터 측정하도록 구성되어 있다.

[0041]

[0042] 이 실시예의 반사 거울(300)은 광섬유에서 조사된 광을 수직으로 반사하여 조사했던 광섬유로 다시 입사시키는 반사면의 역할을 한다.

[0042]

[0043] 한편, 이 실시예의 온도 측정용 광섬유 센서를 포함하는 시스템은 두 개의 광섬유로 입사하는 광량의 측정을 통해 격자판이 이동한 거리를 계산하는 신호 처리 기술을 사용하도록 구성된다. 이 신호 처리 기술은 무아레 프린지 기법을 사용한 변위 측정 방식의 센서 시스템[김대현, "토목 구조물 건전성 평가를 위한 무아레 프린지 기법 광섬유 가속도계 시스템 개발", 센서학회지, 15권 1호, pp. 40-46, 2006] 등에서 이미 사용된 바 있는 기술로서, 그 작동원리를 간단히 설명하면 다음과 같다.

[0043]

[0044] 먼저, 주어진 변위에 대해 일정한 주기를 갖는 격자판 또는 무아레 간섭 신호가 있다고 가정한다. 여기서, 간섭 신호는 광 계측기로 측정하였을 때 정현파의 형상을 가지며, 여러 주기에 대해 항상 일정한 최대값과 최소값을 가진다. 한편, 서로 다른 두 위치에 광섬유를 고정하여 그 두 신호의 위상차가 $\pi/2$ 만큼 차이 나도록 한다. 이렇게 구성하면, 동시에 들어오는 두 개의 광 신호와, 알고 있는 광 신호의 최대값과 최소값을 조합하여 각 신호의 위상상태와 그에 따른 속도를 계산할 수 있게 된다. 따라서, 이 실시예에서는 위에서 설명한 신호 처리 기술을 사용할 수 있도록 일정 주기를 갖는 투과 격자판과 두 개의 광섬유를 사용하도록 구성되어 있다.

[0044]

[0045] 도 3은 이 실시예에 사용되는 투과 격자판의 구성도이고, 도 4는 도 2에 도시된 온도 측정용 광섬유 센서를 포함하는 시스템의 구성관계를 나타낸 구성도이며, 도 5는 도 4에 도시된 온도 측정용 광섬유 센서를 포함하는 시스템을 통해 시간 t에 따라 x(t)만큼의 변위량이 생겼을 때의 반사되어져서 광섬유로 취득된 신호형태를 나타

[0045]

낸 그래프이다.

- [0046] 도 3에 도시된 바와 같이, 이 실시예의 투과 격자판(200)은 투과물질로 구성되어 투과영역을 형성하는 투과면(210)과, 비 투과물질로 구성되어 비 투과영역을 형성하는 비 투과면(220)이 주기적으로 배열되어 격자 형태로 구성되어 있다. 여기서, 투과면(210)은 완전투과하는 것이 바람직하고, 비 투과면(220)은 전혀 투과하지 않는 것이 바람직하지만, 비 투과면(220)은 투과면(210)보다 상대적으로 매우 낮은 투과율을 갖는 비 투과물질로 구성되어 비 투과영역을 형성하여도 무방하다.
- [0047] 투과 격자판(200)은 투과면(210)과 비 투과면(220)이 직사각형 형태로 각각 형성된다. 즉, 투과 격자판(200)은 투과면(210)과 비 투과면(220)이 일정 주기(d)(pitch)를 갖고 반복적으로 배열되는 구조를 갖는다. 여기서, 일정 주기(d)라 함은 투과면(210)의 폭(d1)과 비 투과면(220)의 폭(d2)에 대한 합을 의미한다. 그리고, 투과면(210)과 비 투과면(220)은 광의 입사영역이 달라짐에 따라 투과되는 광량이 정현파적인 형태로 달라질 수 있다. 투과면(210)과 비 투과면(220) 간의 경계라인이 직선 형태가 아닌 곡선 형태로 구성하여도 무방하다. 또한, 투과면(210)과 비 투과면(220)은 광의 입사영역이 달라짐에 따라 투과되는 광량이 정현파적인 형태로 달라질 수 있다면 투과면(210)의 폭(d1)과 비 투과면(220)의 폭(d2)의 비가 같지 않아도 무방하다.
- [0048] 도 2 내지 도 4에 도시된 바와 같이, 이 실시예의 투과 격자판과 거울을 이용한 온도 측정용 광섬유 센서는 광섬유(400)가 고정된 상태에서 직선운동을 하는 투과 격자판(200)에 광을 조사하고, 그 후 투과 격자판(200)에서 투과되어 반사 거울(300)에서 반사되는 반사광의 광량을 수신하여 이용하도록 구성된다. 이때, 투과 격자판(200)은 그 직선운동방향 쪽으로 투과면(210)과 비 투과면(220)이 주기적으로 배열되도록 배치된다. 그리고, 광섬유(400)는 투과 격자판(200)의 표면에 대해 수직한 방향으로 배치된다. 따라서, 투과 격자판(200)은 광섬유(400) 끝단의 수직 절단면(410)과 수직한 방향으로 움직이고, 광섬유(400)의 수직 절단면(410)을 통해 조사되는 광은 투과 격자판(200)에서 투과된 후 반사 거울(300)에서 반사되는 광량의 합으로 변조되어 일정 주기(d)마다 출력광으로 출력된다. 이때, 광섬유(400)의 수직 절단면(410)의 단부에는 광섬유로 반사되는 반사광의 광량을 증가시키기 위해 평행광을 만들어주는 시준기(collimator)를 더 장착하는 것이 바람직하다.
- [0049] 여기서, 투과면(210)과 비 투과면(220) 간의 투과율의 차이가 클수록 간섭신호는 줄어들고 출력신호는 더 큰 진폭을 갖게 되어 해상도가 좋아진다. 이때, 투과면(210)의 폭(d1)과 비 투과면(220)의 폭(d2)이 광섬유(400)에서 조사되는 광빔의 직경과 동일하거나 작아야 주기적인 신호를 취득하여 신호처리가 가능하다. 다시 말해, 광빔의 직경과 같은 크기의 투과면(210)의 폭(d1)과 비 투과면(220)의 폭(d2)을 갖는 투과 격자판(200)을 사용할 때, 투과된 신호의 진폭이 가장 크다.
- [0050] 그리고, 투과면(210)의 폭(d1)과 비 투과면(220)의 폭(d2) 간에 일정 비율을 갖거나 이들 폭(d1, d2)이 광빔의 직경보다 작아도 정현파의 신호가 나타나지만, 가우시안 분포를 갖는 광빔의 경우에는 광빔 직경의 40% 이상의 폭(d1, d2)을 갖는 투과면(210)과 비 투과면(220)을 구비한 투과 격자판(200)을 사용하는 것이 바람직하다. 이때, 투과면(210)의 폭(d1)과 비 투과면(220)의 폭(d2) 간에 비율을 0.8~1.2로 구성하여도 정현파 신호를 얻을 수 있다.
- [0051] 이 실시예는 광섬유(400)를 통해 전송되는 광원(420)으로 LD(laser diode) 또는 LED(light emitting diode) 등을 사용하여 광섬유(400) 끝단의 수직 절단면(410)을 통해 투과 격자판(200)에 광을 조사한다. 이때, 투과 격자판(200)의 투과영역인 투과면(210)에서 입사한 광은 투과된 후 반사 거울(300)에서 반사되어 다시 광섬유(400)의 수직 절단면(410)을 통해 광섬유(400)로 전달된다. 그러면, 반사된 광은 서큘레이터(430 ; circulator) 또는 커플러(coupler)에 의해 입사할 때와 그 경로를 달리하여 광검출기(440 ; photo detector)로 입력된다. 그로 인해, 출력광을 검출할 수 있게 된다.
- [0052] 이때, 동일한 변위 변화에 대해서도, 투과면(210)의 폭(d1), 투과면(210)의 폭(d1)과 비 투과면(220)의 폭(d2) 간의 비율에 따라 도 5와 같이 서로 다른 민감도를 갖는 출력파형이 출력된다. 다시 말해, 도 5의 (b)와 같이 어느 구간에서나 해상도(resolution)가 일정한 삼각파가 만들어지기도 하고, 도 5의 (a)와 같이 정현파가 만들어지기도 하며, 비 선형적인 함수가 만들어지기도 한다. 이때, 비 선형적인 함수가 얻어지게 되면 수신한 신호로부터 변위의 예측이 어렵게 된다.
- [0053] 따라서, 투과 격자판(200)을 이용해 온도 센서를 구성함에 있어서, 정현파를 출력할 수 있는 조건을 맞추는 것도 중요하지만, 온도 센서의 민감도를 고려한 투과 격자판(200)의 패턴설계 또한 필요하다. 한편, 투과 격자판(200)의 이동에 따른 반응속도를 높이기 위해서는 투과면(210)의 폭(d1)과 비 투과면(220)의 폭(d2)을 줄여 이동구간 내에 많은 주기가 나타나게 하여, 특별한 신호처리 없이 주기를 보고 판단할 수 있게 하는 것이다. 그

러나, 이 방법은 진폭이 줄어들게 되므로 이를 전압의 크기로 변환하여 측정할 때에 측정하는 광 검출기(440)의 사양(해상도)에 제약을 받게 된다. 한편, 느리게 바뀌는 변위를 정밀하게 측정할 경우에는 투과되는 광량의 변화 폭을 가능한 한 크게 해야 하므로 투과면(210)의 폭(d1)과 비 투과면(220)의 폭(d2)을 비교적 크게 설정해야 한다.

[0054] 아래에서는 상기와 같은 기본 원리를 갖는 이 실시예에 따른 투과 격자판과 거울을 이용한 광섬유 센서의 구성 관계에 대해 상세히 설명한다.

[0055] 이 실시예의 온도 측정용 광섬유 센서는 벽면 또는 센서의 외벽 등의 고정부재(500)에 외팔보 형태로 고정되는 한 쌍의 바이메탈 부재(100)를 구비한다. 여기서, 바이메탈 부재(100)는 온도에 대한 변위가 크게 나타날 수 있도록 열팽창 계수의 차이가 큰 금속을 조합하여 설계된다. 또한, 한 쌍의 바이메탈 부재(100)는 그 단부에서의 변위가 위쪽과 아래쪽이 서로 동일하도록, 두 바이메탈 부재(100)가 서로 같은 기계적 거동 특성을 가지도록 구성된다. 즉, 한 쌍의 바이메탈 부재(100)는 동일하게 구성된다. 또한, 한 쌍의 바이메탈 부재(100)는 서로 같은 변위 방향성을 가지도록 벽면 또는 센서의 외벽부 등의 고정부재(500)에 설치된다.

[0056] 한편, 한 쌍의 바이메탈 부재(100)의 사이에는 반사 거울(300)이 설치된다. 이때, 반사 거울(300)은 상기와 같은 고정부재(500)에 고정되어 연장되는 연장부재(510)에 설치되는 것이 바람직하다. 즉, 연장부재(510)가 광섬유(400)와 인접하게 위치하여 연장된 상태에서 그 단부에 반사 거울(300)을 고정함으로써, 반사 거울(300)과 광섬유(400) 간의 거리를 좁혀 반사되는 광량을 증가시키는 것이 바람직하다. 여기서, 반사 거울(300)은 고정부재(500) 또는 연장부재(510)에 대하여 움직이지 않아야 하며, 특히 맞은편에 위치하는 광섬유(400)와 수직을 유지하도록 설치되어야 한다.

[0057] 그리고, 한 쌍의 바이메탈 부재(100)의 단부에는 바이메탈 부재(100)의 변위에 따라 함께 움직일 수 있는 투과 격자판(200)을 연결하여 설치한다. 한편, 온도가 크게 상승할 경우에는 한 쌍의 바이메탈 부재(100)와 투과 격자판(200)이 수직방향으로부터 일정 각도로 이탈할 수 있다. 따라서, 한 쌍의 바이메탈 부재(100)와 격자판(200)의 연결부는 각도에 대한 유연성을 보장하는 방식으로 연결하는 것이 바람직하다.

[0058] 투과 격자판(200)은 도 3을 통해 설명한 바와 같이 광이 투과할 수 있는 투과면(210)과 투과하지 못하는 비 투과면(210)이 주기적으로 반복되는 판의 형태를 갖는다. 여기서, 비 투과면(210)은 광섬유(400)가 위치하지 않는 다른 방향으로의 광반사를 유도하는 역할을 한다. 따라서, 비 투과면(210)은 반사성 물질을 사용하여 구성하거나 흡수성 물질을 사용하여 구성하여도 무방하다. 그리고, 투과 격자판(200)의 격자의 주기는 광섬유(400)에서 조사되는 광의 빔폭(beam width)에 대해 정현파를 얻을 수 있는 크기로 결정된다.

[0059] 한편, 반사 거울(300)과 대향하는 투과 격자판(200)의 맞은편에는 한 쌍의 광섬유(400)가 설치된다. 한 쌍의 광섬유(400)는 벽면 또는 센서의 외벽과 같은 고정부재(500)에 고정된다. 이때, 한 쌍의 광섬유(400)는 반사된 광량이 최대값을 가질 수 있도록 상기의 반사 거울(300)과 정확히 수직을 이루도록 고정하는 것이 바람직하다. 또한, 두 개의 광섬유(400)는 투과 격자판(200)에 의해 발생하는 정현파를 기준으로 상대적으로 90° ($\pi/2$)의 위상을 가지는 위치에 설치된다. 또한, 이 실시예의 투과 격자판(200), 반사 거울(300) 및 한 쌍의 광섬유(400)는 광의 회절이 발생하지 않고 정현파의 신호가 출력될 수 있도록 서로 간의 이격거리를 갖도록 설치된다.

[0060] 따라서, 온도 변화 ΔT 가 발생할 경우, 바이메탈 부재(100)의 성질에 의해 δ 만큼의 변위가 생기고, 이 변위는 투과 격자판(200)을 똑같이 δ 만큼 수직방향으로 이동시키게 된다. 이때, 반사 거울(300)과 광섬유(400)는 온도의 변화에 상관없이 그 상태를 계속 유지하므로, 투과 격자판(200)은 이들에 대해서 상대적으로 수직 이동하게 되고, 광섬유(400)에서 수광되는 광량은 움직이는 격자의 분포에 따라서 삼각함수와 같이 간단히 수학적으로 표현이 가능한 변조되는 광 신호를 반복하게 된다. 이렇게 측정된 광량의 크기 변화를 격자의 상대변위로 변환해주는 신호 처리 과정을 이용하여 격자판의 변위 δ 을 계산하고, 이로써 상기의 수학적식들을 사용하여 온도 변화 ΔT 을 계산할 수 있다.

[0061] 도 6은 이 발명의 다른 실시예에 따른 투과 격자판과 거울을 이용한 온도 측정용 광섬유 센서의 구성관계를 도시한 개략도이다.

[0062] 도 6에 도시된 바와 같이, 이 실시예에 따른 온도 측정용 광섬유 센서는 외팔보 형태의 한 쌍의 바이메탈 부재 대신에 나선 형태의 바이메탈 부재(100A)를 이용한다는 것을 제외하고는 앞서 설명한 실시예와 동일하게 구성된다. 따라서, 이 실시예에서는 동일하거나 유사한 구성요소들에 대해서는 동일하거나 유사한 도면부호를 부여하

고 이들에 대한 설명은 생략한다.

- [0063] 이 실시예에 따른 투과 격자판과 거울을 이용한 온도 측정용 광섬유 센서는, 온도변화에 따라 바이메탈 부재(100A)에서 발생하는 회전변위를, 투과면과 비 투과면이 주기적으로 형성된 투과 격자판(200A)과, 이 투과 격자판(200A)을 투과한 광을 반사시키는 반사 거울(300A), 및 이 반사 거울(300A)에서 반사된 광을 수신하는 광섬유(400A)를 이용하여 측정된 후, 이를 시스템에 제공해 시스템에서 온도를 측정할 수 있도록 구성한 것이다. 즉, 이 실시예의 온도 측정용 광섬유 센서는 나선 형태의 바이메탈 부재(100A)와, 나선 형태의 바이메탈 부재(100A)의 나선 단부에 고정되는 회전형의 투과 격자판(200A)과, 투과 격자판(200A)의 일측에 고정되는 반사 거울(300A), 및 투과 격자판(200A)의 타측에 고정되어 투과 격자판(200A) 및 반사 거울(300A)에 수직방향으로 광을 조사하고 반사 거울(300A)에서 반사된 광을 수광하는 광섬유(400A)를 구비한다.
- [0064] 여기서, 나선 형태의 바이메탈 부재(100A)는 바이메탈 소재가 나선 형태를 갖는 일반적인 구성관계로 구성된다. 즉, 이 실시예의 온도 측정용 광섬유 센서는 일반적인 나선 형태의 바이메탈 부재(100A)를 갖는 회전형 온도계에 상기와 같은 이 발명의 기본원리를 적용하여 구성한 것이다.
- [0065] 따라서, 온도변화가 발생하면 바이메탈 부재(100A)의 나선 형태의 바이메탈 소재가 회전하고, 그 회전력이 방사상 모양의 격자가 새겨진 회전형의 투과 격자판(200A)을 회전시킨다. 이렇게 격자판(200A)이 회전함에 따라 광섬유(400A)가 바라보는 부분의 격자가 원의 둘레를 따라 이동하기 때문에, 이때의 변위를 측정하여 전체적인 회전각을 계산하고, 이 회전각을 이용해 온도 변화 ΔT 을 계산할 수 있다.
- [0066] 상기에서는 이 발명의 광섬유 센서에 대해 외부환경의 온도변화를 측정하는 온도 측정용 광섬유 센서에 대해 설명했으나, 이 발명은 측정대상물의 거동변화(변위, 압력, 진동 또는 가속도 등등)를 측정하는 변위, 압력, 진동 또는 가속도 측정용 광섬유 센서로는 구현이 가능하다. 즉, 측정대상물의 거동변화에 반응하는 반응수단의 구성관계를 그 측정목적에 맞게 구성하고, 그 이외의 구성요소들은 위에서 설명한 온도 측정용 광섬유 센서와 동일하게 구성함으로써, 변위, 압력, 진동 또는 가속도 측정용 광섬유 센서로의 구현이 가능하다. 따라서, 아래에서는 그 측정목적에 따른 반응수단의 구성관계에 대해서만 간략하게 설명하고, 그 이외의 구성요소들에 대한 설명은 생략하기로 한다.
- [0067] 도 7은 이 발명의 다른 실시예에 따른 투과 격자판과 거울을 이용한 변위 측정용 광섬유 센서의 구성관계를 도시한 개략도이다. 도 7에 도시된 바와 같이, 이 발명에 따른 변위 측정용 광섬유 센서의 반응수단은, 일측은 케이스(700)의 내측면(도 1의 고정부재(500)에 해당함)에 고정되고 타측은 투과 격자판(200)의 일측에 고정되는 연결부재(710)로 구성하면 된다. 여기서, 연결부재(710)는 측정 대상물의 이동방향 쪽으로 투과 격자판(200)의 투과면(210)과 비 투과면(220)이 주기적으로 배열되도록 투과 격자판(200)을 케이스(700)의 내측면에 고정하면 된다.
- [0068] 도 8은 이 발명의 또다른 실시예에 따른 투과 격자판과 거울을 이용한 진동 및/또는 가속도 측정용 광섬유 센서의 구성관계를 각각 도시한 개략도이다. 도 8에 도시된 바와 같이, 이 발명에 따른 진동 및/또는 가속도 측정용 광섬유 센서의 반응수단은, 케이스(800)의 내측면(도 1의 고정부재(500)에 해당함)에 고정되는 단일 감쇠자(810)와, 단일 감쇠자(810)의 상부에 설치되는 단일 탄성자(820), 및 일측은 단일 탄성자(820)의 상부에 고정되고 타측은 투과 격자판(200)의 일측에 고정되는 단일 질량체(830)로 구성하면 된다. 이때, 측정 대상물의 진동 및/또는 가속도방향 쪽으로 투과 격자판(200)의 투과면(210)과 비 투과면(220)이 주기적으로 배열되도록 투과 격자판(200)의 일측을 단일 질량체(830)의 일측에 고정하면 된다.
- [0069] 도 9는 이 발명의 또다른 실시예에 따른 투과 격자판과 거울을 이용한 압력 측정용 광섬유 센서의 구성관계를 각각 도시한 개략도이다. 도 9에 도시된 바와 같이, 이 발명에 따른 압력 측정용 광섬유 센서의 반응수단은, 케이스(900)의 내측면(도 1의 고정부재(500)에 해당함)에 고정되어 수직방향으로 세워져 설치되는 가이드바(910)와, 케이스(900)의 내측면에 고정되어 수직방향으로 세워져 설치되되 가이드바(910)의 일측에 설치되며 상부에 투과 격자판(200)이 고정된 탄성자(920), 및 투과 격자판(200)의 상부에 설치되어 외부의 압력이 투과 격자판(200)에 부가되도록 하는 압력 부가판(930)으로 구성하면 된다. 이때, 투과 격자판(200)에 가해지는 압력 방향 쪽으로 투과 격자판(200)의 투과면(210)과 비 투과면(220)이 주기적으로 배열되도록 투과 격자판(200)의 일측을 탄성자(920)의 상부에 고정하면 된다.
- [0070] 이상에서 이 발명의 투과 격자판과 거울을 이용한 광섬유 센서에 대한 기술사항을 첨부도면과 함께 서술하였지만 이는 이 발명의 가장 양호한 실시예를 예시적으로 설명한 것이지 이 발명을 한정하는 것은 아니다.
- [0071] 또한, 이 기술분야의 통상의 지식을 가진 자이면 누구나 이 발명의 기술사상의 범주를 이탈하지 않고 첨부한 특

허청구범위 내에서 다양한 변형 및 모방이 가능함은 명백한 사실이다.

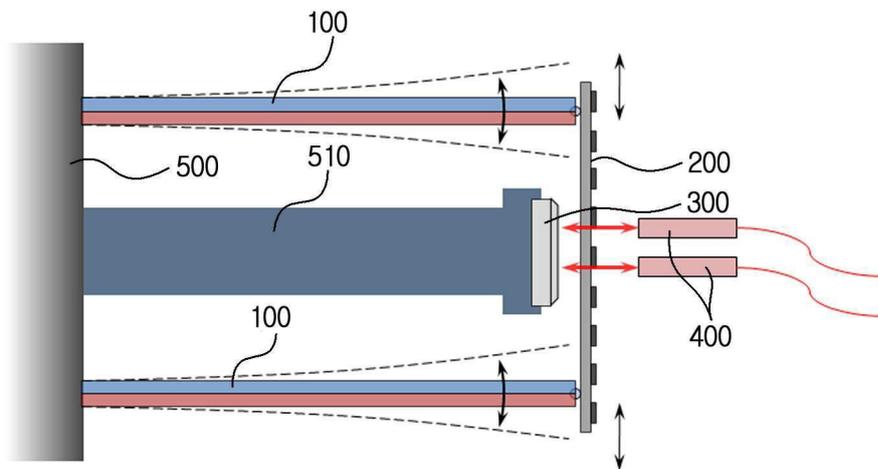
부호의 설명

[0072]

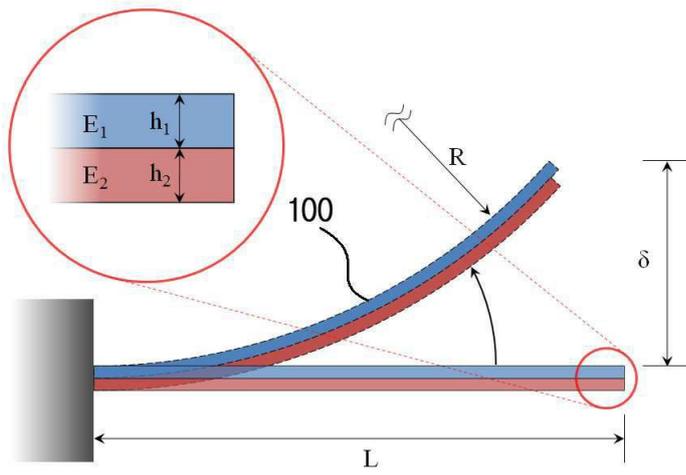
- | | |
|---------------|---------------------|
| 100 : 바이메탈 부재 | 200 : 투과 격자판 |
| 210 : 투과면 | 220 : 비 투과면 |
| 300 : 반사 거울 | 400 : 광섬유 |
| 410 : 수직 절단면 | 500 : 고정부재 |
| 510 : 연장부재 | 700, 800, 900 : 케이스 |
| 710 : 연결부재 | 810 : 단일 감쇠자 |
| 820 : 단일 탄성자 | 830 : 단일 질량체 |
| 910 : 가이드바 | 920 : 탄성자 |
| 930 : 압력 부가판 | |

도면

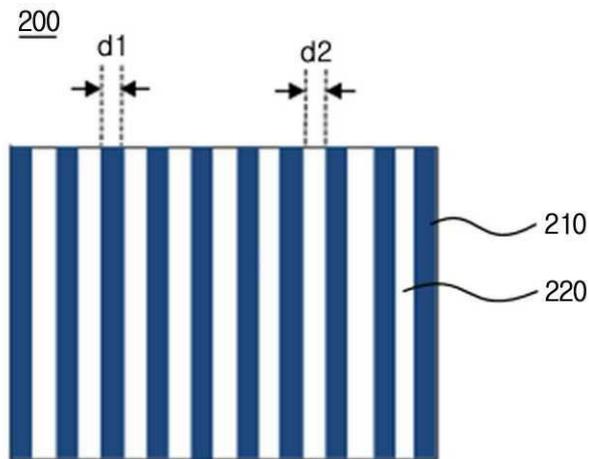
도면1



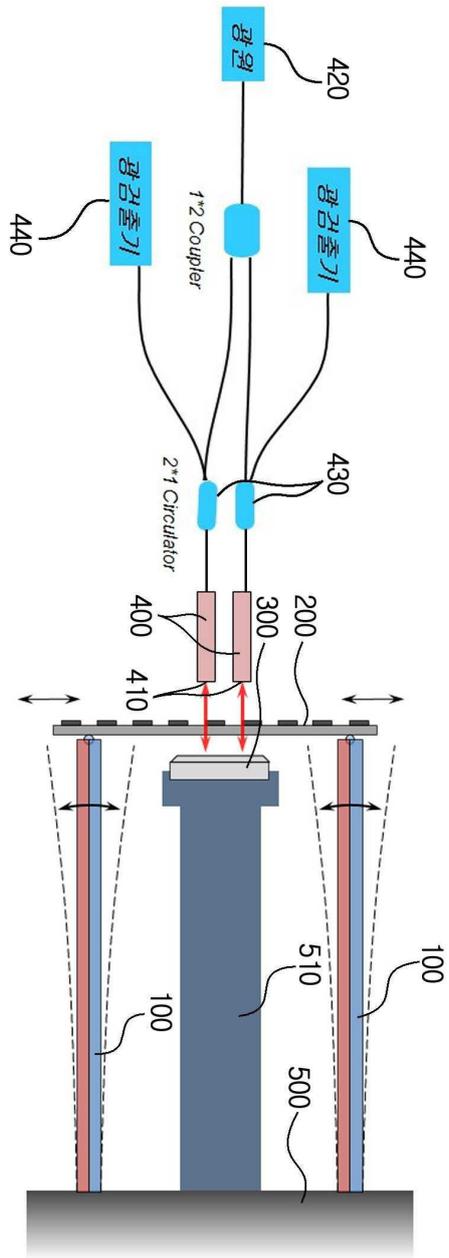
도면2



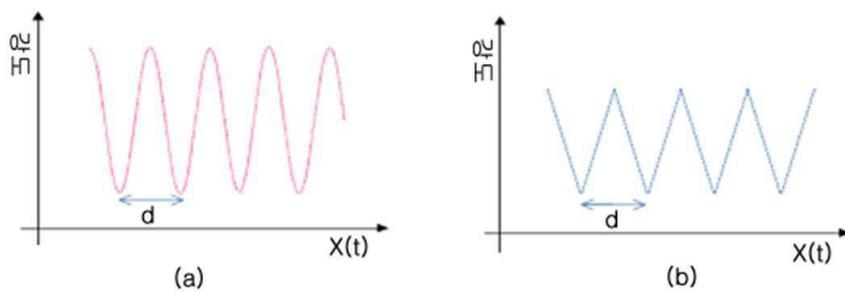
도면3



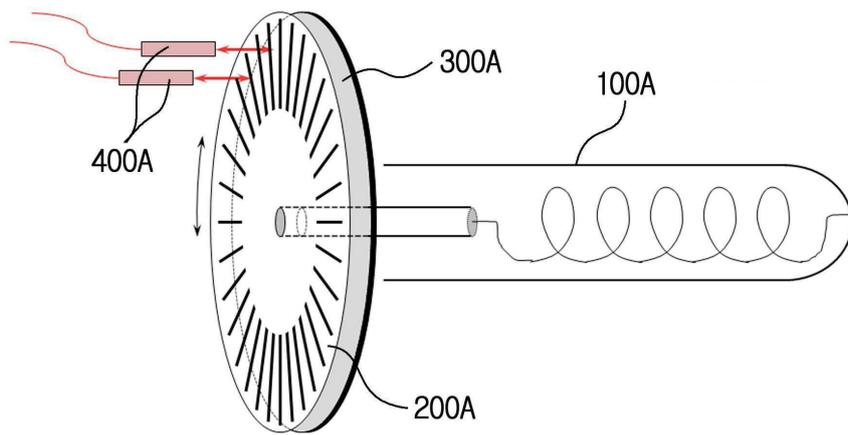
도면4



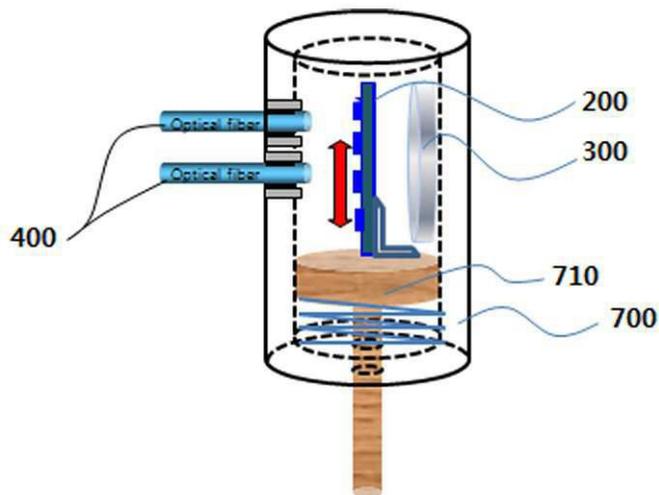
도면5



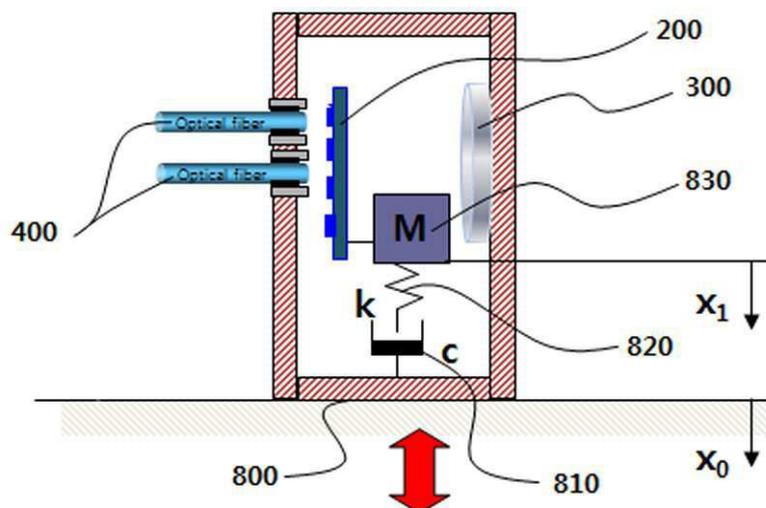
도면6



도면7



도면8



도면9

