



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2018년03월21일

(11) 등록번호 10-1840874

(24) 등록일자 2018년03월15일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
GO1B 11/16 (2006.01) *GO1L 1/24* (2006.01)
GO1R 31/34 (2006.01) *H02K 11/20* (2016.01)
- (21) 출원번호 10-2011-0029568
- (22) 출원일자 2011년03월31일
 심사청구일자 2016년02월01일
- (65) 공개번호 10-2011-0110051
- (43) 공개일자 2011년10월06일
- (30) 우선권주장
 12/750,857 2010년03월31일 미국(US)
- (56) 선행기술조사문헌
 JP2008134155 A
 JP2005055450 A
 JP1995020075 A
 JP1996191556 A

- (73) 특허권자
제너럴 일렉트릭 캄파니
미합중국 뉴욕 (우편번호 12345) 웨벡테디 원 리
버 로우드
- (72) 발명자
코스테 글렌 피터
미국 뉴욕주 12309 니스카유나 페이턴트 도켓 룸
빌딩 케이1-4에이59 글로벌 리서치
- 구이다 레나토**
미국 뉴욕주 12309 니스카유나 페이턴트 도켓 룸
빌딩 케이1-4에이59 글로벌 리서치
(뒷면에 계속)
- (74) 대리인
제일특허법인

전체 청구항 수 : 총 10 항

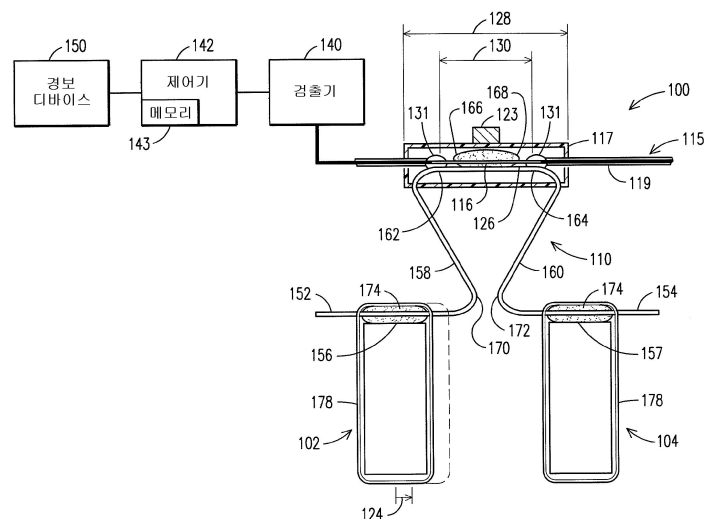
심사관 : 김홍래

(54) 발명의 명칭 부품의 상대 변위를 모니터링하기 위한 시스템

(57) 요약

한 쌍의 단부 권선 부품의 상대 변위를 모니터링하기 위한 시스템이 제공된다. 시스템은 단부 권선 부품에 장착된 구조체를 포함한다. 시스템은 구조체의 비만곡 표면에 장착된 섬유 브래그 격자를 추가로 포함하고, 섬유 브래그 격자는 섬유 브래그 격자의 스트레인에 기초하여 각각의 파장에서 피크 강도를 갖는 입사 방사선을 반사하도록 구성된다. 구조체는 구조체에 의해 생성된 스트레인이 한 쌍의 단부 권선 부품의 상대 변위의 전폭에 걸쳐 사전 결정된 범위 이내로 섬유 브래그 격자의 스트레인의 크기를 제한하도록 구성된다.

대표도



(72) 발명자

실리 찰스 에클린

미국 뉴욕주 12309 니스카유나 페이턴트 도켓 룸
빌딩 케이1-4에이59 글로벌 리서치

시아 후아

미국 뉴욕주 12309 니스카유나 페이턴트 도켓 룸
빌딩 케이1-4에이59 글로벌 리서치

데케이트 사친

미국 뉴욕주 12309 니스카유나 페이턴트 도켓 룸
빌딩 케이1-4에이59 글로벌 리서치

피쉬맨 다니엘

미국 뉴욕주 12309 니스카유나 페이턴트 도켓 룸
빌딩 케이1-4에이59 글로벌 리서치

쉬리단 케빈

미국 뉴욕주 12309 니스카유나 페이턴트 도켓 룸
빌딩 케이1-4에이59 글로벌 리서치

명세서

청구범위

청구항 1

한 쌍의 단부 권선 부품들(end-winding components)의 상대 변위(relative displacement)를 모니터링하기 위한 시스템으로서,

상기 한 쌍의 단부 권선 부품들에 장착된 구조체와,

상기 구조체의 비만곡(non-curved) 표면에 장착된 섬유 브래그 격자(fiber bragg grating)를 포함하고,

상기 섬유 브래그 격자는 입사 방사선을 반사하도록 구성되고, 상기 반사된 방사선은 상기 섬유 브래그 격자의 스트레인(strain)에 기초하여 각각의 파장에서 피크 강도를 갖고, 상기 섬유 브래그 격자의 스트레인은 상기 한 쌍의 단부 권선 부품들의 상대 변위에 기인하여 상기 구조체의 스트레인으로부터 발생하고,

상기 구조체는, 상기 구조체에 의해 생성되는 스트레인이 상기 한 쌍의 단부 권선 부품들의 최대 상대 변위에서 상기 섬유 브래그 격자의 최대 스트레인 범위 내에 있도록 구성되는

시스템.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 한 쌍의 단부 권선 부품들은 발전기 내의 한 쌍의 인접한 연결 링인

시스템.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 단부 권선 부품들의 상대 변위의 전폭에 걸친 상기 섬유 브래그 격자의 스트레인의 범위는 상기 단부 권선 부품들의 상대 변위의 전폭에 걸친 상기 구조체의 비만곡 표면의 스트레인의 범위인

시스템.

청구항 4

제 3 항에 있어서,

상기 비만곡 표면은 상기 섬유 브래그 격자의 길이에 기초하는 길이를 갖고, 상기 단부 권선 부품들의 상대 변위의 전폭에 걸친 비만곡 표면의 상기 스트레인은 상기 비만곡 표면의 길이에 걸쳐 균일한

시스템.

청구항 5

제 3 항에 있어서,

상기 섬유 브래그 격자는 접합 재료로 상기 구조체의 비만곡 표면에 장착되는

시스템.

청구항 6

제 1 항에 있어서,

상기 단부 권선 부품들의 상대 변위의 전폭을 가로질러 해당 증분 변위(incremental displacement)에서 피크 강도를 갖는 반사된 방사선의 각각의 파장의 시프트를 측정하도록 구성된 검출기와,

상기 검출기에 결합된 제어기 - 상기 제어기는 상기 단부 권선 부품들의 상대 변위의 전폭을 가로질러 해당 증분 변위에 걸쳐 상기 섬유 브래그 격자의 스트레인으로 상기 피크 강도를 갖는 반사된 방사선의 각각의 파장의 시프트를 변환하도록 구성됨 - 를 포함하되,

캘리브레이션 모드(calibration mode) 동안에, 상기 피크 강도를 갖는 상기 반사된 방사선의 각각의 파장 시프트 및 상기 해당 증분 변위에 걸친 상기 섬유 브래그 격자의 각각의 스트레인은 상기 제어기의 메모리에 저장되는

시스템.

청구항 7

제 6 항에 있어서,

모니터링 모드 동안에,

상기 검출기는 상기 반사된 방사선으로부터 상기 피크 강도를 갖는 각각의 파장의 시프트를 측정하도록 구성되고,

상기 제어기는 상기 피크 강도를 갖는 각각의 파장의 측정된 시프트에 대응하는 메모리로부터 상기 단부 권선 부품들의 저장된 상대 변위를 검색하도록 구성되고,

상기 제어기는 상기 단부 권선 부품들의 사전 결정된 상대 변위와 저장된 상대 변위를 비교하고, 상기 부품들이 안전 임계치를 넘어 변위되는지 여부를 판정하도록 구성되고,

상기 제어기는 상기 단부 권선 부품들의 사전 결정된 상대 변위를 초과하는 저장된 상대 변위에 기초하여 경보 디바이스에 신호를 출력하도록 구성되는

시스템.

청구항 8

제 3 항에 있어서,

상기 구조체는 한 쌍의 추가의 표면을 추가로 포함하고, 각각의 추가의 표면은 각각의 단부 권선 부품의 제 1 표면에 장착되고, 상기 구조체는 상기 비만곡 표면의 각각의 외부 단부에 각각의 추가의 표면을 연결(link)하도록 각각 구성된 한 쌍의 중간부를 추가로 포함하고, 상기 각각의 외부 단부는 상기 섬유 브래그 격자의 각각의 외부 단부와 정렬되고, 상기 중간부는 비직교하는 각도로 상기 추가의 표면 및 상기 비만곡 표면과 정렬되는

시스템.

청구항 9

제 8 항에 있어서,

상기 구조체는 역삼각형 형상으로 이루어지고, 상기 중간부는 상기 섬유 브래그 격자에 대해 내향 방향에서 상기 비만곡 표면의 각각의 외부 단부로부터 상기 각각의 추가의 표면의 단부로 연장되고, 상기 추가의 표면의 각

각의 단부는 상기 비만곡 표면의 길이 미만으로 분리되는 시스템.

청구항 10

제 8 항에 있어서,

상기 각각의 추가의 표면은 각각의 양의 평균화 재료를 갖고 상기 각각의 단부 권선 부품의 제 1 표면에 장착되어, 상기 한 쌍의 추가의 표면이 상기 단부 권선 부품들의 한 쌍의 제 1 표면에 장착되는 높이를 균등화하는 시스템.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 전반적으로 부품들의 상대 변위를 모니터링하기 위한 시스템에 관한 것으로서, 더 구체적으로는 발전기의 단부 권선(end-winding) 부품의 상대 변위를 모니터링하기 위한 시스템에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 증기 터빈 또는 가스 터빈에 의해 구동되는 발전기와 같은 회전 기계는 이들의 고정자 권선 내의 수천 암페어의 전류를 운반하는 능력을 갖는다. 고정자 권선은 일반적으로 고정자 코어의 대응 슬롯 내에 고정된 전도성 바아(conductive bars)와, 고정자 코어를 넘어 연장하는 단부 권선을 포함한다. 단부 권선 부품은 단부 권선의 변위를 유도하는 전기 역학적 및 기계적 힘을 받게 된다. 전기 역학적 힘은 예를 들어 시작 및 피크 부하 상태 중에 단부 권선을 통과하는 큰 전류에 의해 유도된다. 기계적 힘은 회전 기계의 수직 기계적 열팽창 및 진동에 의해 발생된다. 단부 권선의 과도한 변위는 단부 권선 내의 권선 절연부가 파괴되어 단부 권선들 사이의 유전 파괴를 유도할 수 있는 것과, 단부 권선이 회전 기계의 조기 고장을 유도하는 전기 기계적 힘에 기인하여 마모될 수 있는 것을 포함하는 다수의 바람직하지 않은 효과를 갖는다는 것이 인식되어 왔다. 단부 권선 상황을 모니터링하는 요구가 당 기술 분야에 존재하고 단부 권선 느슨해짐의 조기의 정확한 검출이 바람직하다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0003] 단부 권선 부품의 변위를 검출하기 위해 통상의 시스템이 제안되어 있다. 그러나, 전자 기반 시스템은 높은 전자기장에 기인하여 단부 권선 부품 부근에서 사용될 수 없는 금속 부품을 갖고, 광학 진동 측정 시스템은 비효율적인 사용에 있어서 너무 고가이다. 따라서, 이들 단점을 처리하는 모니터링 시스템을 제공하는 것이 유리할 것이다.

과제의 해결 수단

[0004] 예시적인 실시예에 따르면, 한 쌍의 단부 권선 부품들의 상대 변위를 모니터링하기 위한 시스템이 제공된다. 시스템은 단부 권선 부품에 장착된 구조체를 포함한다. 시스템은 구조체의 비만곡 표면에 장착된 섬유 브래그 격자(fiber Bragg grating)를 추가로 포함하고, 섬유 브래그 격자는 섬유 브래그 격자의 스트레인에 기초하여 각각의 파장에서 피크 강도를 갖는 입사 방사선을 반사하도록 구성된다. 구조체는 구조체에 의해 생성된 스트레인이 한 쌍의 단부 권선 부품들의 상대 변위의 전폭에 걸쳐 사전 결정된 범위 이내로 섬유 브래그 격자의 스트레인의 크기를 제한하도록 구성된다.

[0005] 본 명세서에 개시된 다른 예시적인 실시예에 따르면, 발전 디바이스가 제공된다. 발전 디바이스는 발전 디바이스의 작동 중에 상대 변위를 경험하도록 구성된 한 쌍의 단부 권선 부품을 포함한다. 발전 디바이스는 단부 권선 부품에 장착된 구조체와, 구조체의 비만곡 표면에 장착된 섬유 브래그 격자를 추가로 포함한다. 섬유 브래그 격자는 섬유 브래그 격자의 스트레인에 기초하여, 각각의 파장에서 피크 강도를 갖는 입사 방사선을 반사하도록 구성된다. 섬유 브래그 격자의 스트레인은 한 쌍의 단부 권선 부품들의 상대 변위에 기인하여 구조체의 스트레인으로부터 발생한다. 구조체는 구조체에 의해 생성된 스트레인이 한 쌍의 단부 권선 부품들의 상대 변

위의 전폭에 걸쳐 사전 결정된 범위 이내로 섬유 브래그 격자의 스트레인의 크기를 제한하도록 구성된다.

[0006] 본 발명의 이들 및 다른 특징, 양태 및 장점은 이하의 상세한 설명이 유사한 도면 부호가 도면 전체에 걸쳐 유사한 부분을 나타내고 있는 첨부 도면을 참조하여 숙독될 때 더 양호하게 이해될 것이다.

도면의 간단한 설명

[0007] 도 1은 본 발명의 예시적인 실시예에 따른 한 쌍의 단부 권선 부품 상에 장착된 구조체 및 섬유 브래그 격자의 부분 측단면도.

도 2는 본 발명의 다른 예시적인 실시예에 따른 단부 권선 부품 상에 장착된 복수의 구조체 및 섬유 브래그 격자의 부분 측단면도.

도 3은 설계 단계 중의 도 1의 구조체의 부분 측단면도.

도 4는 설계 단계 중의 도 3에 도시된 구조체의 각각의 높이 및 고정 두께에 대한 단부 권선 부품의 편향에 대한 섬유 브래그 격자의 스트레인의 플롯.

도 5는 설계 단계 중의 도 3에 도시된 구조체의 각각의 두께 및 고정 높이에 대한 단부 권선 부품의 편향에 대한 섬유 브래그 격자의 스트레인의 플롯.

도 6은 도 1에 도시된 단부 권선 부품의 변위의 전폭에 걸친 섬유 브래그 격자의 스트레인의 플롯.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0008] 본 발명의 예시적인 실시예는, 연결 링 및 고정자 바아를 비한정적으로 포함하는 고정자 단부 권선을 직접적으로 또는 간접적으로 지지하거나 연결하는 지지 또는 연결 부품을 비한정적으로 포함하는 단부 권선 부품들의 상대 변위를 측정하기 위한 광섬유 감지 케이블을 사용하는 고정자 단부 권선 모니터링 시스템과 관련하여 설명된다. 단부 권선 부품들 간의 상대 변위는 고정자 단부 권선 상태의 표시이다. "상대 변위"는 본 명세서에서 이후에 2개의 단부 권선 부품들 사이의 거리의 시프트를 칭한다. 2개의 단부 권선 부품은 서로 직접 인접할 수 있고, 또는 그 사이의 하나 이상의 단부 권선 부품에 의해 분리될 수 있다. 본 명세서에 사용될 때, 단수 표현의 용어는 양의 제한을 나타내는 것은 아니고, 오히려 언급된 품목의 적어도 하나의 존재를 나타낸다. 유사하게, 본 명세서에 사용될 때, "2개의 단부 권선 부품"은 적어도 2개의 단부 권선 부품을 의미한다.

[0009] 도 1은 한 쌍의 단부 권선 부품들(102, 104)의 상대 변위(124)를 모니터링하기 위한 시스템(100)의 예시적인 실시예를 도시한다. 예시적인 용례에서, 시스템(100)은 발전기와 같은 발전 디바이스에 사용될 수 있고, 부품들(102, 104)은 예를 들어 발전기의 단부 권선 부품일 수 있다. 다른 예시적인 용례에서, 부품들(102, 104)은 예를 들어 용이하게 접근될 수 없는 압력 용기 내에서와 같은 고전압 및/또는 고자기장 영역 내에 위치될 수 있다. 부품들(102, 104)은 발전기의 작동 중에 상대 변위(124)를 받게 된다. 본 발명의 일 예시적인 실시예에서, 시스템(100)은 부품들(102, 104)의 상대 변위(124)가 임계치 또는 최대 상대 변위를 초과하지 않는 것을 보장하고, 상대 변위의 전폭에 걸쳐 부품들(102, 104)의 상대 변위(124)를 검출할 수 있는 센서를 구성하기 위해 구성된다. 예를 들어, 부품들(102, 104)의 최대 상대 변위는 1.27 mm일 수 있다. 그러나, 본 발명의 실시예는 임의의 특정 수치의 최대 상대 변위에 한정되는 것은 아니다. 부품들(102, 104)의 1.27 mm의 상대 변위는 하나의 부품은 고정 유지되고 다른 부품은 1.27 mm만큼 시프트되는 것으로부터 발생할 수 있고, 또는 각각의 부품이 예를 들어 0.635 mm만큼 서로를 향해 또는 서로로부터 이격하여 동시에 변위하는 것으로부터 발생할 수 있다.

[0010] 도 1에 도시된 바와 같이, 섬유 브래그 격자(116)는 광섬유(115) 내에 생성된다. 광섬유(115)의 섬유 브래그 격자(116) 부분은 비만곡 표면(126)에 단단히 부착된다. 즉, 당 기술 분야의 숙련자에 의해 이해될 수 있는 바와 같이, 편평한 표면이 표준 제조 공차 및/또는 공칭 편차를 위해 존재한다. 보호를 위해, 재킷(119)이 광섬유(115)를 둘러쌀 수 있다. 재킷(119)은 추가의 기계적 결합 강도를 제공하고 섬유 브래그 격자(116)가 광섬유(115)로부터 끊어지는 것을 방지하기 위해, 섬유 브래그 격자(116)의 각각의 단부(166, 168)에 스트레인 제거(strain relief) 부품(131)을 갖고 비만곡 표면(126)에 외부에서 장착될 수 있다.

[0011] 표면(126) 상에 섬유 브래그 격자(116)를 외부에서 장착하는 능력은 상대 운동의 양에 대한 스트레인의 양의 비를 구조체의 설계 단계에서 정확하게 설정하는 것을 허용한다는 것이 이해될 수 있을 것이다. 이 비는 높이 및 두께와 같은 구조체의 파라미터의 적절한 선택을 통해 설계 단계에서 유리하게 설정될 수 있다. 더욱이, 이 비는, 당 기술 분야의 숙련자에 의해 이해될 수 있는 바와 같이, 구조체의 치수가 표준 제조 공차 및/또는 공칭

편차 내에서 제어될 수 있기 때문에, 각각의 제조된 구조체에 대해 실질적으로 일정하도록 선택될 수 있다.

[0012] 섬유 브래그 격자를 장착하기 위한 비만곡 표면을 갖는 구조체를 설계함으로써, 섬유 브래그 격자의 모든 부분에서의 스트레인이 실질적으로 동일할 수 있다는 것이 더 이해될 수 있을 것이다. 이는 피크 강도를 갖는 반사된 방사선의 각각의 파장이 명백하기 때문에 유리하다. 통상적으로 약 1 센티미터 길이인 섬유 브래그 격자의 상이한 부분이 상이한 스트레인을 경험하면, 반사된 방사선은 다수의 피크 파장 또는 스펙트럼 확장된 반사된 스펙트럼을 가질 수 있다. 이들 조건 하에서, 피크는 식별이 어렵게 될 수 있어, 추정된 스트레인의 모호성을 유발한다. 섬유 브래그 격자 길이와 같거나 큰 길이를 갖는 실질적으로 편평한 표면은 격자 상의 균일한 스트레인과 명백한 피크 파장을 보장한다.

[0013] 도 1에 더 도시된 바와 같이, 커버(117)가 추가의 보호를 위해 섬유 브래그 격자(116) 및 스트레인 제거 부품(131) 주위에 위치된다. 커버(117)는 예를 들어 비전도성 폴리머 재료로부터 제조된다. 도 1은 광섬유 내의 섬유 브래그 격자를 도시하고 있지만, 임의의 광섬유 감지 케이블이 단위 권선 부품들의 상대 변위를 측정하기 위해 사용될 수 있다.

[0014] 도 1에 도시된 바와 같이, 구조체(110)는 재킷(119)[및 섬유 브래그 격자(116)]이 외부에서 장착될 수 있는 비만곡 표면(126)을 포함한다. 추가적으로, 도 1에 도시된 바와 같이, 비만곡 표면(126)은 섬유 브래그 격자(116)의 길이(130)에 기초하여 최소 길이(128)일 수 있는 길이를 갖는다. 예시적인 실시예에서, 최소 길이(128)는 섬유 브래그 격자(116)의 길이(130)보다 크고, 예를 들어 각각의 단위(166, 168)에서 섬유 브래그 격자(116)와 스트레인 제거 부품(131)의 조합된 길이보다 클 수 있다. 예시적인 실시예에서, 섬유 브래그 격자(116)는 열경화성 폴리머 또는 표면 부착에 의해 서로 부착되는 품목을 유지할 수 있는 임의의 다른 재료와 같은 적합한 접합 재료로 구조체(110)의 비만곡 표면(126)에 외부에서 장착된다. 예시적인 실시예에서, 비만곡 표면(126)의 길이(128)는 예를 들어, 2 센티미터일 수 있다.

[0015] 구조체(110)는 한 쌍의 추가의 표면(152, 154)을 추가로 포함하고, 여기서 각각의 추가의 표면(152, 154)은 부품들(102, 104)의 각각의 제 1 표면 또는 각각의 상부면(156, 157)에 장착된다. 도 1에 도시된 바와 같이, 구조체(110)는 비만곡 표면(126)의 각각의 외부 단위(162, 164)에 각각의 추가의 표면(152, 154)을 연결하는 한 쌍의 중간부(158, 160)를 또한 포함한다. 예시적인 실시예에서, 각각의 외부 단위(162, 164)는 섬유 브래그 격자(116)의 각각의 외부 단위(166, 168)와 종방향으로 정렬된다. 중간부(158, 160)는 10 내지 170도의 다수의 각도 중 임의의 하나에서 추가의 표면(152, 154) 및 비만곡 표면(126)과 정렬된다. 예시적인 실시예에서, 중간부(158, 160)와 추가의 표면(152, 156) 및/또는 비만곡 표면(126) 사이에 형성된 각도는 예를 들어 60도일 수 있다. 도 1에 도시된 바와 같이, 구조체(110)는 역삼각형 형상을 취하고, 여기서 중간부(158, 160)는 섬유 브래그 격자(116)에 대해 내향 방향에서 비만곡 표면(126)의 각각의 외부 단위(162, 164)로부터 각각의 추가의 표면(152, 154)의 단위(170, 172)로 연장된다. 추가의 표면(152, 154)의 각각의 단위(170, 172)는 비만곡 표면(126)의 길이(128)보다 작게 분리된다. 각각의 추가의 표면(152, 154)은 예를 들어 2-부분 예폭시와 같은 접착제(174)로 각각의 부품들(102, 104)의 상부면(156, 157)에 장착된다. 도 2에 도시된 바와 같이, 추가의 표면(152, 154)은 각각의 양의 평균화 재료(175)로 부품들(102, 104)의 상부면(156, 157)에 장착되어, 추가의 표면(152, 154)이 부품들(102, 104)의 상부면(156, 157)에 각각 장착되는 높이(176)를 균등화한다.

[0016] 도 1에 더 도시된 바와 같이, 타이(178)가 각각의 부품들(102, 104)의 상부면(156, 157)을 포함하는 각각의 부품들(102, 104)의 외부면의 주위와, 구조체(110)의 각각의 추가의 표면(152, 154) 주위에 감겨져서, 부품들(102, 104)의 상부면(156, 157)으로의 구조체(110)의 각각의 추가의 표면(152, 154)의 장착을 향상시킨다.

[0017] 당 기술 분야의 숙련자에 의해 이해되는 바와 같이, 섬유 브래그 격자(116)는 섬유 브래그 격자(116)의 스트레인(122)(도 4 내지 도 5 참조)에 기초하여 피크 강도를 갖는 각각의 파장에서 광섬유(115)를 통해 입사 방사선을 반사하도록 구성된다. 전술된 바와 같이, 스트레인은 섬유 브래그 격자(116)의 초기 길이에 대한 섬유 브래그 격자(116)의 길이의 변동[부품들(102, 104)의 상대 변위(124)의 결과로서]의 비에 기초한다(그리고, 본 발명에서 설명된 다른 스트레인 파라미터에 대해 유사하게 규정됨). 섬유 브래그 격자(116)는 예를 들어, 그를 넘어서는 섬유 브래그 격자(116)가 기계적으로 파괴되고 그리고/또는 고장나게 되어 그가 받고 있는 스트레인을 정확하게 반영하는 파장 데이터를 생성하는, 제조업자에 의해 제공될 수 있는 임계 스트레인 범위 또는 최대 스트레인 범위를 갖는다. 따라서, 본 발명의 실시예는 섬유 브래그 격자(116)의 최대 스트레인 범위 이내로 섬유 브래그 격자(116)에 의해 경험된 스트레인(122)의 범위[부품들(102, 104)의 상대 변위(124)의 결과로서]를 감쇠시킨다. 예시적인 실시예에서, +/- 5000 미크론/m의 최대 스트레인 범위를 갖는 마이크론 옵틱스(Micron Optics) os3200 섬유 브래그 격자 스트레인 센서가 본 발명의 실시예에 이용된다. 그러나, 본 발명의 실시예는

예를 들어 발전기의 연결 링과 같은 부품의 상대 변위를 모니터링하는데 이용되는 임의의 섬유 브래그 격자와 함께 이용될 수도 있다.

[0018] 부품들(102, 104)이 부품의 통상의 작동 중에 상대 변위(124)를 받게 됨에 따라, 구조체(110)의 비만곡 표면(126)이 스트레인을 받게 되고, 따라서 섬유 브래그 격자(116)가 부품들(102, 104)의 상대 변위(124)의 결과로서 스트레인을 받게 된다. 구조체(110)는 섬유 브래그 격자(116)의 스트레인의 최대 범위 이내로 부품들(102, 104)의 상대 변위(124)의 범위에 걸쳐 섬유 브래그 격자(116)의 스트레인(122)의 범위를 감쇠시키도록 설계된다. 섬유 브래그 격자(116)는 구조체(110)의 비만곡 표면(126)에 외부에서 장착되어, 부품들(102, 104)의 상대 변위(124)의 전폭에 걸쳐 섬유 브래그 격자(116)의 스트레인(122)의 범위가 부품들(102, 104)의 상대 변위(124)의 전폭에 걸쳐 구조체(100)의 비만곡 표면(126)의 스트레인의 범위 이내가 된다. 섬유 브래그 격자(116)는 비만곡 표면(126)에 외부에서 장착되고, 비만곡 표면(126)은 전술된 바와 같이 비만곡형 및/또는 편평형이어서, 부품들(102, 104)의 상대 변위의 전폭에 걸쳐 비만곡 표면(126)의 스트레인이 비만곡 표면(126)의 최소 길이(128)에 걸쳐 실질적으로 균일하여, 이를 따라 비만곡 표면(126)이 장착되는 최소 길이(128)에 걸쳐 섬유 브래그 격자(116)가 실질적으로 균일한 스트레인(122)을 경험하는 것을 보장한다.

[0019] 도 3 내지 도 5에 도시된 바와 같이, 구조체(110)의 설계 모드 중에, 구조체(110)의 파라미터는 조정 가능하게 선택되어, 부품들(102, 104)의 상대 변위(124)의 전폭에 걸쳐 구조체(110)의 비만곡 표면(126)의 스트레인의 범위가 섬유 브래그 격자(116)의 스트레인의 최소 범위 내에 있게 된다. 전술된 바와 같이, 부품들(102, 104)의 상대 변위(124)의 전폭은 예를 들어 1.27 mm와 같이 공지될 수 있다. 추가적으로, 섬유 브래그 격자(116)의 스트레인(122)의 최대 범위는 예를 들어 2500 미크론/m와 같이 공지될 수 있다. 도 3 내지 도 5의 설계 모드는 부품들(102, 104)의 상대 변위(124)의 전폭 및 섬유 브래그 격자(116)의 스트레인(122)의 최대 범위의 특정 경계 조건에 대해 수행되었지만, 설계 모드는 본 명세서에 설명된 방법에 기초하여 임의의 특정 경계 조건에 대해 수행될 수도 있다. 도 3에 도시된 바와 같이, 구조체(110)의 설계 모드 중에 조정되는 구조체(110)의 파라미터는 구조체의 높이(134), 구조체(110)의 두께(136) 및/또는 중간부(158)에 비만곡 표면(126)을 연결하는 구조체(110)의 턴[및 추가의 표면(152)에 중간부(158)를 연결하는 유사한 턴]의 곡률 반경(138)이다. 도 3의 실시예는 구조체(110)의 다른 절단부가 당 기술 분야의 숙련자에 의해 이해되는 바와 같이 대칭 방식으로 유사하게 설계되기 때문에 구조체(110)의 절반 대칭 도면을 도시하고 있다는 것을 주목하라.

[0020] 도 3 내지 도 5에 도시된 구조체(110)의 설계 모드는 당 기술 분야의 숙련자에 의해 이해되는 바와 같이, 각각의 턴에서 특정 높이, 두께 및 곡률 반경을 갖는 구조체(110)의 기하학적 표현을 제공하도록 이용되는 CAD(컴퓨터 지원 설계) 모델을 이용한다. CAD 모델은 구조체(110)의 기하학적 모델을 제공하는데 이용되지만, CAD 모델 단독으로는 예를 들어 부품의 상대 변위(124)에 기초하여 추가의 표면(152)의 상대 변위에 응답하여 비만곡 표면(126)을 따라 또는 구조체(110) 내에 모델 스트레인 또는 힘 데이터를 제공하지 않는다. 전술된 바와 같이, 본 발명의 실시예는 부품들(102, 104)의 상대 변위(124)의 전폭을 가로질러 섬유 브래그 격자(116)의 스트레인(122)의 최대 범위 이내로 비만곡 표면(126)을 따른 스트레인의 범위를 갖는 구조체(110)를 구성하는 것에 관련된다. 예시적인 실시예에서, 설계 모드는 1.27 mm의 상대 변위의 전폭을 가로질러 2500 미크론/m 이내로 스트레인의 범위를 갖는 비만곡 표면(126)을 갖는 구조체(110)를 구성하는 것에 관련된다. 구조체(110)의 기하학적 CAD 모델의 스트레인 또는 힘 데이터를 고려하기 위해, 구조체(110)의 설계 모드는 구조체(110)의 CAD 모델이 당 기술 분야의 숙련자에 의해 이해되는 바와 같이 각각의 힘 방정식을 받게 되는 복수의 개별 요소로 분리되는 FEA(유한 요소 분석) 모델을 이용한다. 도 3은 폰 미세스(Von Mises) 스트레인 스케일(135)을 사용하여 상대 변위(124)의 전폭을 가로질러 구조체(110)의 비만곡 표면(126)을 따른 스트레인을 예시적으로 도시한다. 도 4에 도시된 바와 같이, 구조체(110)의 FEA 모델을 사용하여, 비만곡 표면(126)을 따른 스트레인은 3.3 mm로 고정된 두께(136)를 유지하면서 28.6 mm, 31.6 mm 및 34.6 mm를 포함하는 다양한 높이(134)를 갖는 다수의 구조체에 대해 1.27 mm의 편향의 전폭을 가로질러 컴퓨팅된다. 유사하게, 도 5에 도시된 바와 같이, 구조체(110)의 FEA 모델을 사용하여, 비만곡 표면(126)을 따른 스트레인은 28.6 mm로 고정된 높이(134)를 유지하면서 2.3 mm, 3.3 mm 및 4.3 mm를 포함하는 다양한 두께(136)를 갖는 다수의 구조체에 대해 1.27 mm의 편향의 전폭을 가로질러 컴퓨팅된다. 도 3에 도시된 바와 같이, 설계 모드는 2453 미크론/m의 비만곡 표면(126)을 따른 스트레인의 범위를 갖고, 따라서 2500 미크론/m의 섬유 브래그 격자의 스트레인(122)의 최대 범위 이내에 있게 하기 위해, 24 mm의 높이(134), 4 mm의 두께(136) 및 4 mm의 턴에서의 곡률 반경(138)을 갖도록 구조체(110)를 구성하게 할 수 있다. 전술된 바와 같이, 이들 특정 스트레인 범위 및 설계 모드로부터 설계된 구조체(110)의 치수는 단지 예시적인 것이고, 본 발명의 실시예는 본 명세서에 설명된 동일한 단계를 따름으로써, 섬유 브래그 격자의 스트레인의 최대 범위 이내로 부품의 상대 변위의 전폭에 걸쳐 섬유 브래그 격자의 스트레인을 감쇠시키기 위해 임의의 구조체를 설계하는데 이용될 수 있다. 구조체(110)의 FEA 모델은 24 mm의 높이(134), 4 mm의 두께(136) 및

4 mm의 곡률 반경을 생성하지만, 구조체(110) 파라미터는 이들 수치값에 한정되는 것은 아니고, 10 내지 40 mm의 높이(134)의 범위, 1 내지 5 mm의 두께(136)의 범위 및 1 내지 5 mm의 곡률 반경의 범위를 포함한다. 더 구체적으로는, 본 발명의 실시예는 예를 들어 22 내지 26 mm의 높이(134)의 범위, 3.5 내지 4.5 mm의 두께(136) 및 3.5 내지 4.5 mm의 곡률 반경(138)을 포함한다. 당 기술 분야의 숙련자에 의해 이해되는 바와 같이, 구조체의 파라미터는 예를 들어, 이들에 한정되는 것은 아니지만 부품의 최대 상대 변위, 뿐만 아니라 섬유 브래그 격자의 스트레인의 최대 범위를 포함하는 FEA 모델에 사용된 초기 경계 조건에 기초하여 다양할 수 있다.

[0021] 전술된 설계 모드에 기초하여, 섬유 브래그 격자(116)는 전술된 바와 같이 높이(134), 두께(136) 및 턴의 곡률 반경(138)을 포함하는 파라미터를 갖도록 구성된다. 도 1에 도시된 바와 같이, 멀티 파장 광원(미도시)이 광섬유(115)에 접속되고, 섬유 브래그 격자(116)에 광의 다중 파장을 전송한다. 섬유 브래그 격자(116)로부터 반사된 광은 부품들(102, 104)의 상대 변위(124)의 전폭에 걸쳐 해당 증분 변위에서 피크 강도를 갖는 반사된 방사선의 각각의 파장의 시프트를 측정하는 검출기(140)로 통과된다. 당 기술 분야의 숙련자에 의해 이해되는 바와 같이, 검출기(140)는 섬유 브래그 격자(116)의 시작 스트레인(122)에 대응하는 중심 파장으로부터 반사된 방사선의 파장의 시프트를 측정하도록 초기화된다. 중심 파장은 각각의 섬유 브래그 격자에 대해 맞춤화될 수 있고, 제조업자에 의해 제공될 수 있다. 제어기(142)가 검출기(140)에 결합되고, 반사된 파장 데이터를 수신하고, 부품들(102, 104)의 상대 변위(124)의 전폭을 가로질러 해당 증분 변위에 걸쳐 섬유 브래그 격자(116)의 스트레인(122)으로 피크 강도를 갖는 반사된 방사선의 각각의 파장의 시프트를 변환한다. 예시적인 실시예에서, 제어기(142)는 이하와 같이 섬유 브래그 격자(116)의 스트레인으로 반사된 방사선의 파장 시프트를 변환하기 위해 수학적식을 이용할 수 있다.

수학식 1

$$\varepsilon = \Delta\lambda / |\lambda| / G * 10^6$$

[0022] 여기서, ε 은 섬유 브래그 격자(116)의 스트레인(122)이고, $\Delta\lambda$ 는 중심 파장으로부터의 파장의 측정된 시프트이고, $|\lambda|$ 는 측정된 파장의 절대값이고, G는 섬유 브래그 격자(116)에 대한 게이지 팩터이다. 예시적인 실시예에서, 게이지 팩터는 예를 들어 0.81이다. 게이지 팩터는 각각의 섬유 브래그 격자에 따라 다양할 수 있고, 예를 들어 제조업자에 의해 제공될 수 있다.

[0024] 시스템(100)의 캘리브레이션 모드 중에, 피크 강도를 갖는 반사된 방사선의 각각의 파장 시프트는 해당 증분 변위들에 걸쳐 추정된 스트레인 데이터(184)(수학식 1)로 변환된다. 추가적으로, 도 6에 도시된 바와 같이, 섬유 브래그 격자(116)의 각각의 스트레인(122)을 포함하는 추정된 스트레인 데이터(184)가 부품들(102, 104)의 증분 변위에 대해 플롯팅된다. 도 6에 도시된 바와 같이, 추정된 스트레인 데이터(184)는 FEA 구조체의 설계 모드 중에 획득된 스트레인 데이터에 기초하여 FEA 모델 데이터(180)에 밀접하게 정합된다. 추가적으로, 스트레인 게이지 데이터(182)가 도 6에 도시되고, 이는 상대 변위(124)의 전폭에 걸친 비만곡 표면(126)의 스트레인 게이지(123)(도 1)의 측정된 스트레인을 표현한다. 당 기술 분야의 숙련자에 의해 이해되는 바와 같이, 스트레인 게이지(123)는 그 전기 특성이 스트레인에 따라 변하는(즉, 길이의 변동) 포일 금속 재료로부터 제조된 게이지이고, 따라서 스트레인 게이지(123)는 부품들(102, 104)의 상대 변위(124)의 전폭을 가로질러 비만곡 표면(126)의 스트레인의 독립적인 측정을 제공한다. 도 6에 도시된 바와 같이, 그로부터 구조체(110)의 높이(134), 두께(136) 및 곡률 반경(138) 파라미터가 선택되는 FEA 모델 데이터(180)가 선택되고, 2개의 독립적인 세트의 추정된 스트레인 데이터(184) 및 상대 변위(124)의 전폭에 걸쳐 획득된 스트레인 게이지 데이터(182)에 밀접하게 근사된다. 따라서, 설계 모드 중에 구조체(110)의 선택된 파라미터는 섬유 브래그 격자(116)의 스트레인(122)의 범위를 부품들(102, 104)의 상대 변위(124)의 전폭을 가로질러 섬유 브래그 격자(116)의 스트레인의 최대 범위 이내로 감쇠하기에 효과적이고, 따라서 섬유 브래그 격자(116)는 이들의 상대 변위(124) 전폭을 가로질러 부품들(102, 104)의 상대 변위를 모니터링하도록 작동 가능하다.

[0025] 모니터링 모드 중에, 시스템(100)은 부품들(102, 104)의 상대 변위(124)가 최대 임계 상대 변위(124)를 초과하지 않는 것을 보장하도록 사용될 수도 있다. 상기 캘리브레이션 모드에서와 같이, 검출기(140)는 반사된 방사선으로부터 피크 강도를 갖는 각각의 파장의 시프트를 측정한다. 제어기(142)는 파장 시프트 데이터를 수신하고, 피크 강도를 갖는 각각의 파장의 측정된 시프트에 대응하는 메모리(143)로부터 부품들(102, 104)의 저장된 상대 변위(124) 데이터를 검색한다. 제어기(142)는 저장된 상대 변위(124)를 부품들(102, 104)의 최대 상대 변

위와 비교하여, 부품들(102, 104)이 최대 임계치 및/또는 안전 임계치를 넘어 변위되는지 여부를 판정한다. 저장된 상대 변위가 부품들(102, 104)의 최대 상대 변위를 초과하면, 제어기(142)는 경보 디바이스(150)에 신호를 출력한다. 예를 들어, 경보 디바이스(150)는 부품들(102, 104)이 위험한 양만큼 변위되어 상대 변위의 추가의 조사와 같은 후속의 동작이 추천될 수 있는 것을 부품들(102, 104)을 수용하는 설비의 작업자에게 경고하기 위한 청취 가능 디바이스일 수 있다.

[0026] 도 2에 도시된 바와 같이, 시스템(100)은 부품들(102, 104, 106)의 상대 변위를 모니터링하기 위해 하나 초과씩의 부품들(102, 104)(104, 106)(106, 108)과 함께 사용될 수 있다. 시스템(100)은 삼각형 사행형 네트워크를 효과적으로 형성하는 각각의 쌍의 부품들(102, 104)(104, 106)(106, 108)에 외부에서 장착된 각각의 구조체(110, 112, 114)를 포함한다. 시스템(100)은 각각의 구조체(110, 112, 114)에 외부에서 장착된 각각의 섬유 브래그 격자(116, 190, 192)를 추가로 포함하고, 여기서 각각의 섬유 브래그 격자(116, 190, 192)는 각각의 섬유 브래그 격자(116, 190, 192)의 스트레인에 기초하여 각각의 파장에서 피크 강도를 갖는 방사선을 반사한다. 섬유 브래그 격자(116, 190, 192)는 동일한 광섬유(115)에 광학적으로 결합되지만, 이들은 시작 스트레인에 대응하는 고유인 중심 파장을 갖고, 따라서 제 1 섬유 브래그 격자(116)의 피크 강도에서 반사된 파장은 제 2 섬유 브래그 격자(190)의 작동에 영향을 미치지 않을 수 있다. 각각의 구조체(110, 112, 114)는 각각의 쌍의 부품들(102, 104)(104, 106)(106, 108)의 상대 변위의 전폭에 걸쳐 각각의 섬유 브래그 격자(116, 190, 192)의 스트레인의 범위를 각각의 섬유 브래그 격자(116, 190, 192)의 스트레인의 최대 범위 이내로 감쇠시킨다. 각각의 구조체(110, 112, 114)는 섬유 브래그 격자의 최대 스트레인, 섬유 브래그 격자(116, 190, 192) 사이의 섬유 내의 이완부(193, 195)의 양 및 각각의 부품쌍의 상대 전폭과 같은 특정 경계 조건과 함께 전술된 모델 모드를 사용하여 결정될 수 있는 개별 파라미터를 갖고 설계될 수 있다. 게다가, 섬유 브래그 격자(116, 190, 192)의 스트레인의 양 및 파장 변화를 감소시키는 것은, 각각의 섬유 브래그 격자(116, 190, 192)가 이용 가능한 파장 스펙트럼의 더 작은 부분을 필요로 하기 때문에 파장 분할 멀티플렉싱을 갖고 동일한 섬유 상에 더 많은 트랜스듀서를 배치할 수 있게 한다. 도 1의 구조체(110)와 관련하여 전술된 바와 같이, 각각의 추가의 표면(152, 154, 153, 155)은 예를 들어 2-부분 에폭시와 같은 접착제(174)로 각각의 부품(102, 104, 106, 108)의 상부면(156, 157, 159, 161)에 각각 장착된다. 도 2에 도시된 바와 같이, 각각의 추가의 표면(152, 154, 153, 155)은 예를 들어 퍼티(putty)와 같은 각각의 양의 평준화 재료(175)로 각각의 부품(102, 104, 106, 108)의 상부면(156, 157, 159, 161)에 각각 장착되어, 광섬유(115)에 대해 추가의 표면(152, 154, 153, 155)이 부품(102, 104, 106, 108)의 상부면(156, 157, 159, 161)에 장착되는 높이(176)를 균등화한다. 예를 들어, 상부면(157)보다 더 많은 양의 평준화 재료(175)가 상부면(156) 상에 위치되어, 상부면(156, 157)의 높이를 균등화할 수 있다.

[0027] 본 발명이 예시적인 실시예를 참조하여 설명되었지만, 다양한 변경이 이루어질 수 있고 등가물이 본 발명의 범주로부터 벗어나지 않고 그 요소에 대해 대체될 수 있다는 것이 당 기술 분야의 숙련자들에 의해 이해될 수 있을 것이다. 게다가, 다수의 수정이 그 본질적인 범주로부터 벗어나지 않고 본 발명의 교시에 특정 상황 또는 재료를 적응시키도록 이루어질 수 있다. 따라서, 본 발명은 본 발명을 수행하기 위해 고려되는 최선의 모드로서 개시된 특정 실시예에 한정되는 것은 아니고, 본 발명은 첨부된 청구범위의 범주 내에 있는 모든 실시예를 포함할 수 있는 것으로 의도된다.

[0028] 반드시 모든 전술된 이러한 목적 또는 장점이 반드시 임의의 특정 실시예에 따라 성취될 수 있는 것은 아니라는 것이 이해되어야 한다. 따라서, 예를 들어, 당 기술 분야의 숙련자들은, 본 명세서에 설명된 시스템 및 기술이 본 명세서에 교시되거나 제안될 수 있는 바와 같이 다른 목적 또는 장점을 반드시 성취하지 않고 본 명세서에 교시된 바와 같은 하나의 장점 또는 장점의 그룹을 성취하거나 최적화하는 방식으로 구체화되거나 수행될 수 있다는 것을 인식할 수 있을 것이다.

[0029] 더욱이, 당 기술 분야의 숙련자는 상이한 실시예로부터 다양한 특징의 상호 교환성을 인식할 수 있을 것이다. 설명된 다양한 특징, 뿐만 아니라 각각의 특징에 대한 다른 공지의 등가물은 본 발명의 원리에 따라 추가의 시스템 및 기술을 구성하기 위해 당 기술 분야의 숙련자에 의해 혼합되고 정합될 수 있다.

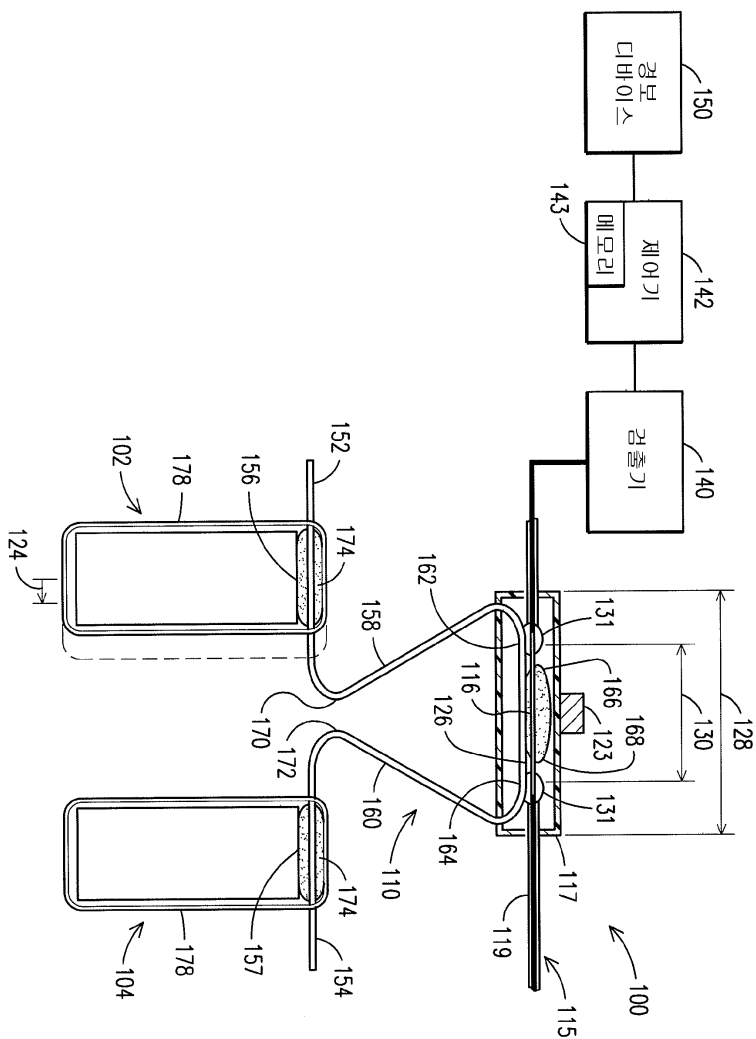
부호의 설명

[0030] 100: 시스템
102, 104, 106, 108: 단부 권선 부품
110, 112, 114: 구조체
115: 광섬유
116: 섬유 브래그 격자
117: 커버

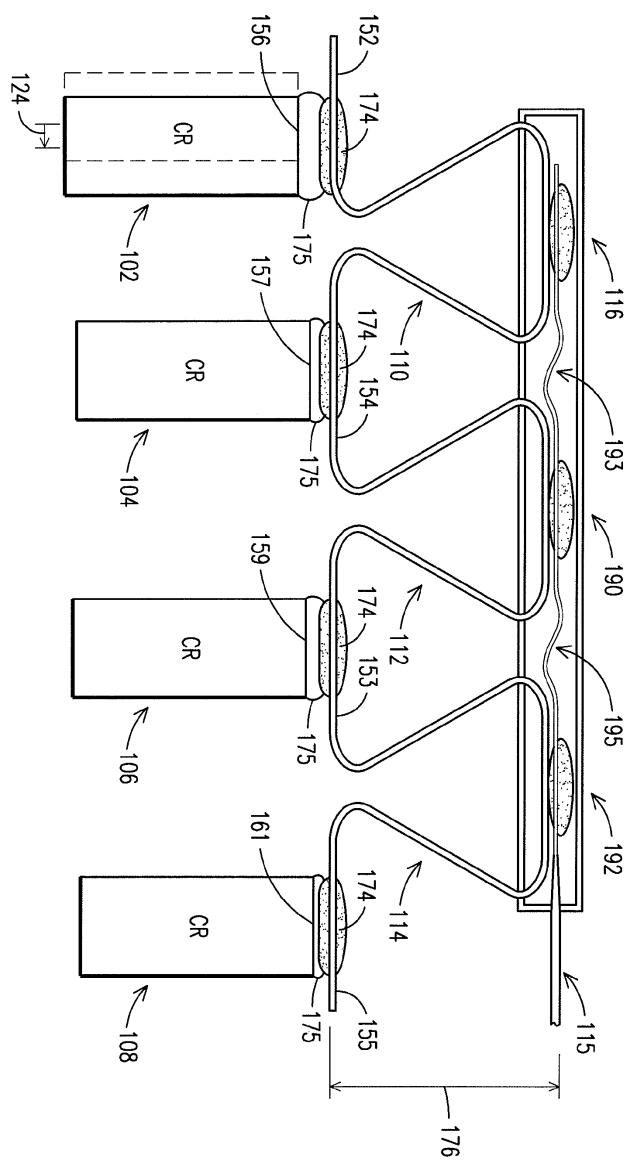
119: 재킷	122: 스트레인
123: 스트레인 게이지	124: 변위
126: 비만곡 표면	128, 130: 길이
131: 스트레인 제거 부품	134: 높이
135: 폰 미세스 스트레인 스케일	136: 두께
138: 곡률	140: 검출기
142: 제어기	143: 메모리
150: 경보 디바이스	152, 153, 154, 155: 추가의 표면
156, 157, 159: 상부면	158, 160: 중간부
162, 164, 166, 168: 외부 단부	170, 172: 단부
174: 접착제	175: 평준화 재료
176: 높이	178: 타이
180: 모델 데이터	182: 스트레인 게이지 제이터
184: 추정된 스트레인 데이터	190, 192: 섬유 브래그 격자

도면

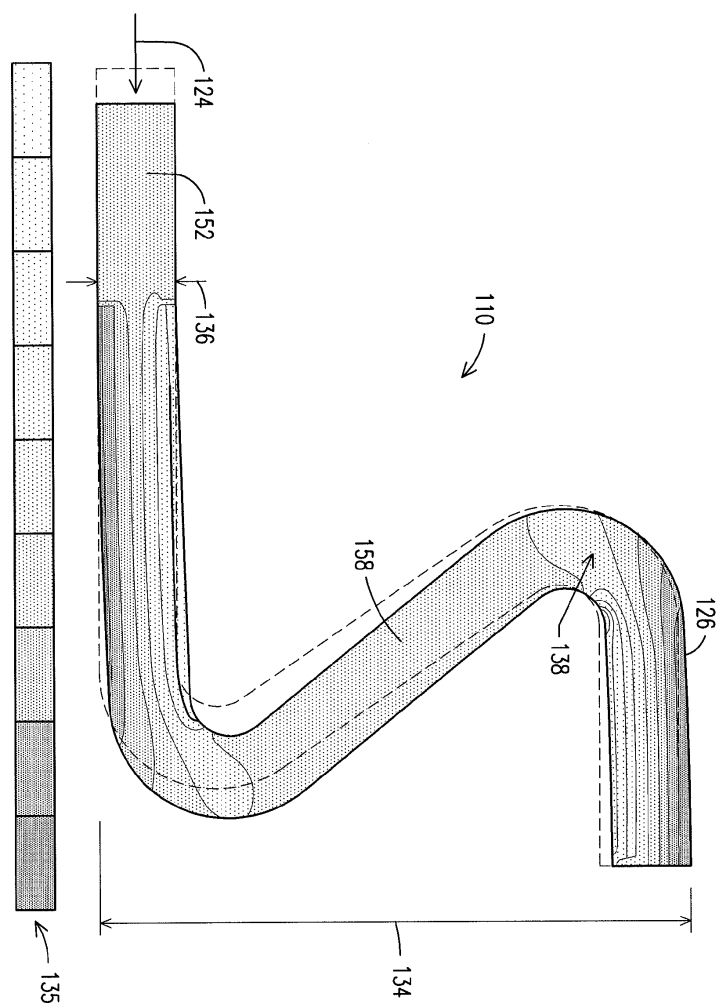
도면1



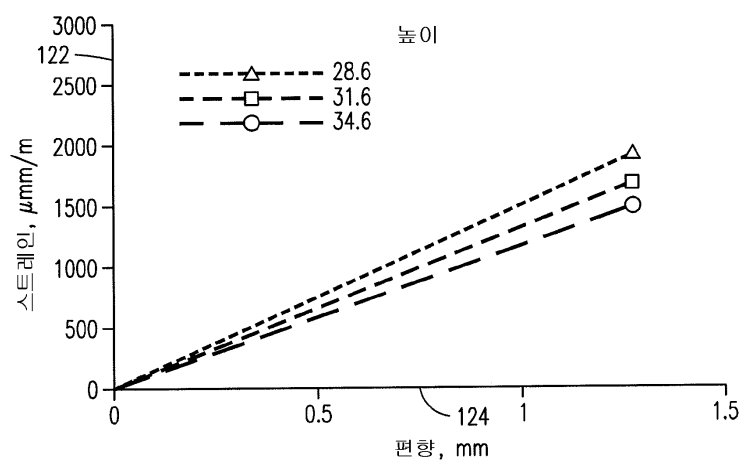
도면2



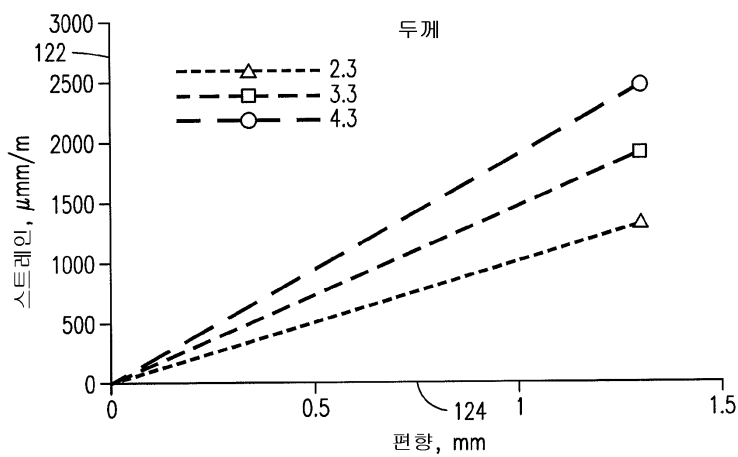
도면3



도면4



도면5



도면6

