



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2021-0154025
(43) 공개일자 2021년12월20일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01L 1/24 (2006.01) G02B 6/02 (2006.01)
G02B 6/44 (2006.01)
(52) CPC특허분류
G01L 1/246 (2013.01)
G02B 6/02076 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2020-0071121
(22) 출원일자 2020년06월11일
심사청구일자 2020년06월11일

(71) 출원인
연세대학교 산학협력단
서울특별시 서대문구 연세로 50 (신촌동, 연세대학교)
(72) 발명자
최준호
서울특별시 서대문구 연세로 50, 새천년관(신촌동, 연세대학교)
이송비
서울특별시 서대문구 연세로 50, 법현학사(신촌동, 연세대학교)
최송아
서울특별시 서대문구 연세로 50, 새천년관(신촌동, 연세대학교)
(74) 대리인
특허법인우인

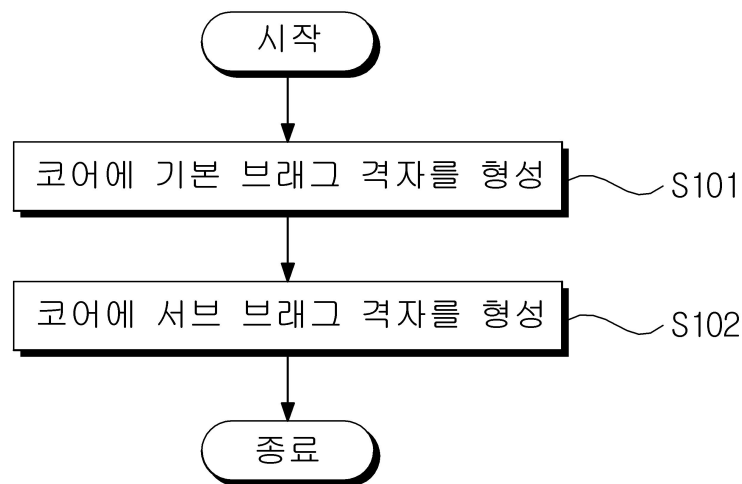
전체 청구항 수 : 총 20 항

(54) 발명의 명칭 카이랄 동작 변곡점 벡터 측정이 가능한 브래그 격자 기반의 광섬유 센서 및 그 제작 방법

(57) 요약

본 실시예들은 헬리컬 구조의 코어에 형성된 이중 브래그 격자를 이용하여 대상체의 움직임을 측정하고 카이랄 동작 변곡점 벡터를 측정할 수 있는 광섬유 센서 및 벡터 측정 장치를 제공한다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류
G02B 6/4413 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

코어에 3 개 이상의 기본 브래그 격자를 형성하는 단계; 및

상기 코어에서 연속하는 2 개의 기본 브래그 격자 사이에 서브 브래그 격자를 형성하는 단계를 포함하는 광섬유 센서의 제작 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 기본 브래그 격자를 형성하는 단계 이전에,

상기 코어를 회전시켜 사출하는 방식으로 헬리컬 구조를 갖는 코어를 형성하는 단계를 더 포함하는 광섬유 센서의 제작 방법.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 기본 브래그 격자를 형성하는 단계는,

상기 코어에 자외선(Ultraviolet)을 조사하는 방식을 통해 상기 기본 브래그 격자를 형성하는 것을 특징으로 하는 광섬유 센서의 제작 방법.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 서브 브래그 격자를 형성하는 단계는,

상기 코어에 펄스 레이저를 조사하는 방식을 통해 상기 서브 브래그 격자를 형성하는 것을 특징으로 하는 광섬유 센서의 제작 방법.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 기본 브래그 격자를 형성하는 단계는,

상기 코어에 구간의 길이가 변하는 장주기(Long Period)로 상기 기본 브래그 격자를 형성하는 것을 특징으로 하는 광섬유 센서의 제작 방법.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 서브 브래그 격자를 형성하는 단계는,

상기 코어에 균일한 길이를 갖는 단주기(Short Period)로 상기 서브 브래그 격자를 형성하는 것을 특징으로 하는 광섬유 센서의 제작 방법.

청구항 7

광섬유 센서에 있어서,

브래그 격자가 형성된 코어; 및

상기 코어의 둘레를 감싼 클래딩을 포함하며,

상기 브래그 격자는 (i) 3 개 이상의 기본 브래그 격자 및 (ii) 연속하는 2 개의 기본 브래그 격자 사이에 위치하는 서브 브래그 격자를 포함하는 것을 특징으로 하는 광섬유 센서.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 클래딩을 감싼 보호층을 더 포함하는 광섬유 센서.

청구항 9

제1항에 있어서,

상기 코어는 헬리컬 구조로 형성되는 것을 특징으로 하는 광섬유 센서.

청구항 10

제9항에 있어서,

상기 헬리컬 구조로 형성된 코어는 상기 헬리컬 구조에 따른 탄성파를 이용하여 상기 브래그 격자의 파장을 이동시키고 상기 광섬유 센서의 방향 전환 속도를 가속하는 것을 특징으로 하는 광섬유 센서.

청구항 11

제9항에 있어서,

상기 헬리컬 구조로 형성된 코어는 상기 헬리컬 구조에 따른 광의 입사각 변형을 통하여 광의 임계각을 변화시키는 것을 특징으로 하는 광섬유 센서.

청구항 12

제7항에 있어서,

상기 기본 브래그 격자는 구간의 길이가 변하는 장주기(Long Period)로 형성되는 것을 특징으로 하는 광섬유 센서.

청구항 13

제12항에 있어서,

상기 기본 브래그 격자는 상기 브래그 격자의 파장의 이동에 영향을 주지 않고, 상기 브래그 격자의 파장의 크기에 주기적인 패턴을 형성하여 공간 측정의 상대적인 기준을 제공하는 것을 특징으로 하는 광섬유 센서.

청구항 14

제12항에 있어서,

상기 기본 브래그 격자는 코어 모드와 클래딩 모드의 상호 작용에 의한 커플링 현상으로 스펙트럼의 피크를 제외한 나머지 영역을 통과시키는 필터로 동작하는 것을 특징으로 하는 광섬유 센서.

청구항 15

제12항에 있어서,

상기 장주기는 광의 진행 방향으로 선형적으로 또는 비선형적으로 변하는 비균일한 길이를 갖는 칩(Chirp) 구간을 포함하는 것을 특징으로 하는 광섬유 센서.

청구항 16

제7항에 있어서,

상기 서브 브래그 격자는 균일한 길이를 갖는 단주기(Short Period)로 형성되는 것을 특징으로 하는 광섬유 센서.

서.

청구항 17

제7항에 있어서,

상기 기본 브래그 격자의 파장 변이와 상기 서브 브래그 격자의 파장 변이를 통해 광신호의 공진을 형성하는 것을 특징으로 하는 광섬유 센서.

청구항 18

제7항에 있어서,

커브 구간을 갖는 탄성체를 포함하며,

상기 코어 및 상기 클래딩이 상기 탄성체에 형성된 것을 특징으로 하는 광섬유 센서.

청구항 19

제1항에 있어서,

상기 탄성체는 상기 커브 구간과 직선 구간을 포함하며,

상기 서브 브래그 격자가 상기 직선 구간에 위치하는 것을 특징으로 하는 광섬유 센서.

청구항 20

백터 측정 장치에 있어서,

광섬유 센서;

상기 광섬유 센서에 광신호를 송신하고 파장이 변화된 광신호를 수신하는 파장 계측부; 및

상기 파장이 변화된 광신호를 분석하여 대상체의 동작에 대한 백터를 출력하는 백터 처리부를 포함하며,

상기 광섬유 센서는,

브래그 격자가 형성된 코어; 및

상기 코어의 둘레를 감싼 클래딩을 포함하며,

상기 브래그 격자는 (i) 3 개 이상의 기본 브래그 격자 및 (ii) 연속하는 2 개의 기본 브래그 격자 사이에 위치하는 서브 브래그 격자를 포함하는 것을 특징으로 하는 백터 측정 장치.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명이 기술 분야는 브래그 격자 기반의 광섬유 센서 및 백터 측정 장치에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 이 부분에 기술된 내용은 단순히 본 실시예에 대한 배경 정보를 제공할 뿐 종래기술을 구성하는 것은 아니다.

[0003] 광섬유 센서는 광섬유 내부 빛의 특성 변화를 검출하여 외부 물리량을 측정하는 센서이다. 외부 물리량에 의해 광섬유 내부를 진행하는 빛의 세기, 주파수, 위상, 편광 등의 빛의 특성이 변화하고, 빛의 특성을 광검출기가 감지하여 외부 물리량을 측정할 수 있다.

[0004] 광섬유 브래그 격자 센서는, 광섬유에 광섬유 브래그 격자를 새긴 후, 주변 온도나 인장 세기에 따라 각 격자에서 반사되는 빛의 파장이 달라지는 특성을 이용한 센서이다. 광섬유 코어에는 클래딩보다 굴절률을 높이기 위하여 특정 물질이 첨가되고, 특정 물질이 실리카 유리에 안착하는 과정에서 구조 결함(defect)이 생길 수 있다. 광섬유 코어에 강한 자외선을 쬌어주면, 물질의 결합구조가 변형되면서 광섬유의 굴절률이 변화된다.

[0005] 광섬유 브래그 격자는 이러한 현상을 이용하여 광섬유 코어의 굴절률을 주기적으로 변화시킨 것이다. 브래그 격자는 브래그 조건을 만족하는 파장만을 반사하고, 그 외의 파장은 그대로 투과시키는 특징을 갖는다. 격자의 주

변 온도가 바뀌거나 격자에 인장이 가해지면, 광섬유의 굴절률이나 길이가 변화되어 반사되는 빛의 파장이 변화된다. 광섬유 브래그 격자에서 반사되는 빛의 파장을 측정함으로써 온도나 인장, 또는 압력, 구부림 등을 감지할 수 있다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0006] (특허문헌 0001) 한국등록특허공보 제10-0774372호 (2007.11.01)
- (특허문헌 0002) 한국등록특허공보 제10-1862131호 (2018.05.23)
- (특허문헌 0003) 미국등록특허공보 제7421162호 (2008.09.02)

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0007] 본 발명의 실시예들은 헬리컬 구조의 코어에 이중 브래그 격자를 형성하여 대상체의 움직임을 벡터로 출력하는데 주된 목적이 있다.
- [0008] 본 발명의 명시되지 않은 또 다른 목적들은 하기의 상세한 설명 및 그 효과로부터 용이하게 추론할 수 있는 범위 내에서 추가적으로 고려될 수 있다.

과제의 해결 수단

- [0009] 본 실시예의 일 측면에 의하면, 코어에 3 개 이상의 기본 브래그 격자를 형성하는 단계 및 상기 코어에서 연속하는 2 개의 기본 브래그 격자 사이에 서브 브래그 격자를 형성하는 단계를 포함하는 광섬유 센서의 제작 방법을 제공한다.
- [0010] 상기 광섬유 센서의 제작 방법은 상기 기본 브래그 격자를 형성하는 단계 이전에, 상기 코어를 회전시켜 사출하는 방식으로 헬리컬 구조를 갖는 코어를 형성하는 단계를 더 포함할 수 있다.
- [0011] 상기 기본 브래그 격자를 형성하는 단계는, 상기 코어에 자외선(Ultraviolet)을 조사하는 방식을 통해 상기 기본 브래그 격자를 형성할 수 있다.
- [0012] 상기 서브 브래그 격자를 형성하는 단계는, 상기 코어에 펄스 레이저를 조사하는 방식을 통해 상기 서브 브래그 격자를 형성할 수 있다.
- [0013] 상기 기본 브래그 격자를 형성하는 단계는, 상기 코어에 구간의 길이가 변하는 장주기(Long Period)로 상기 기본 브래그 격자를 형성할 수 있다.
- [0014] 상기 서브 브래그 격자를 형성하는 단계는, 상기 코어에 균일한 길이를 갖는 단주기(Short Period)로 상기 서브 브래그 격자를 형성할 수 있다.
- [0015] 본 실시예의 다른 측면에 의하면, 광섬유 센서에 있어서, 브래그 격자가 형성된 코어 및 상기 코어의 둘레를 감싼 클래딩을 포함하며, 상기 브래그 격자는 (i) 3 개 이상의 기본 브래그 격자 및 (ii) 연속하는 2 개의 기본 브래그 격자 사이에 위치하는 서브 브래그 격자를 포함하는 것을 특징으로 하는 광섬유 센서를 제공한다.
- [0016] 상기 광섬유 센서는 상기 클래딩을 감싼 보호층을 더 포함할 수 있다.
- [0017] 상기 코어는 헬리컬 구조로 형성될 수 있다.
- [0018] 상기 헬리컬 구조로 형성된 코어는 상기 헬리컬 구조에 따른 탄성파를 이용하여 상기 브래그 격자의 파장을 이동시키고 상기 광섬유 센서의 방향 전환 속도를 가속할 수 있다.
- [0019] 상기 헬리컬 구조로 형성된 코어는 상기 헬리컬 구조에 따른 광의 입사각 변형을 통하여 광의 임계각을 변화시킬 수 있다.
- [0020] 상기 기본 브래그 격자는 구간의 길이가 변하는 장주기(Long Period)로 형성될 수 있다.

- [0021] 상기 기본 브래그 격자는 상기 브래그 격자의 파장의 이동에 영향을 주지 않고, 상기 브래그 격자의 파장의 크기에 주기적인 패턴을 형성하여 공간 측정의 상대적인 기준을 제공할 수 있다.
- [0022] 상기 기본 브래그 격자는 코어 모드와 클래딩 모드의 상호 작용에 의한 커플링 현상으로 스펙트럼의 피크를 제외한 나머지 영역을 통과시키는 필터로 동작할 수 있다.
- [0023] 상기 장주기는 광의 진행 방향으로 선형적으로 또는 비선형으로 변하는 비균일한 길이를 갖는 첩(Chirp) 구간을 포함할 수 있다.
- [0024] 상기 서브 브래그 격자는 균일한 길이를 갖는 단주기(Short Period)로 형성될 수 있다.
- [0025] 상기 기본 브래그 격자의 파장 변이와 상기 서브 브래그 격자의 파장 변이를 통해 광신호의 공진을 형성할 수 있다.
- [0026] 상기 광섬유 센서는 커브 구간을 갖는 탄성체를 포함하며, 상기 코어 및 상기 클래딩이 상기 탄성체에 형성될 수 있다.
- [0027] 상기 탄성체는 상기 커브 구간과 직선 구간을 포함하며, 상기 서브 브래그 격자가 상기 직선 구간에 위치할 수 있다.
- [0028] 본 실시예의 다른 측면에 의하면, 벡터 측정 장치에 있어서, 광섬유 센서, 상기 광섬유 센서에 광신호를 송신하고 파장이 변화된 광신호를 수신하는 파장 계측부, 및 상기 파장이 변화된 광신호를 분석하여 대상체의 동작에 대한 벡터를 출력하는 벡터 처리부를 포함하며, 상기 광섬유 센서는, 브래그 격자가 형성된 코어 및 상기 코어의 둘레를 감싼 클래딩을 포함하며, 상기 브래그 격자는 (i) 3 개 이상의 기본 브래그 격자 및 (ii) 연속하는 2 개의 기본 브래그 격자 사이에 위치하는 서브 브래그 격자를 포함하는 것을 특징으로 하는 벡터 측정 장치를 제공한다.

발명의 효과

- [0029] 이상에서 설명한 바와 같이 본 발명의 실시예들에 의하면, 헬리컬 구조의 코어에 형성된 이중 브래그 격자를 이용하여 대상체의 움직임을 측정하고 카이랄 동작 변곡점 벡터를 측정할 수 있는 효과가 있다.
- [0030] 여기에서 명시적으로 언급되지 않은 효과라 하더라도, 본 발명의 기술적 특징에 의해 기대되는 이하의 명세서에서 기재된 효과 및 그 잠정적인 효과는 본 발명의 명세서에 기재된 것과 같이 취급된다.

도면의 간단한 설명

- [0031] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 광섬유 센서의 제작 방법을 예시한 흐름도이다.
- 도 2는 본 발명의 다른 실시예에 따른 광섬유 센서를 예시한 블록도이다.
- 도 3은 본 발명의 다른 실시예에 따른 광섬유 센서의 외형을 예시한 도면이다.
- 도 4는 본 발명의 다른 실시예에 따른 광섬유 센서의 단면을 예시한 도면이다.
- 도 5은 본 발명의 다른 실시예에 따른 광섬유 센서에서 헬리컬 구조로 형성된 코어를 예시한 도면이다.
- 도 6은 본 발명의 다른 실시예에 따른 광섬유 센서의 이중 브래그 격자를 예시한 도면이다.
- 도 7은 본 발명의 다른 실시예에 따른 광섬유 센서의 탄성체의 외형을 예시한 도면이다.
- 도 8은 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 벡터 측정 장치를 예시한 블록도이다.
- 도 9는 본 발명의 다른 실시예에 따른 광섬유 센서의 움직임을 예시한 도면이다.
- 도 10은 본 발명의 다른 실시예에 따른 광섬유 센서가 신체에 부착된 것을 예시한 도면이다.
- 도 11은 골반의 움직임을 예시한 도면이다.
- 도 12는 본 발명의 다른 실시예에 따른 광섬유 센서에 인가된 복수의 파장 대역을 예시한 도면이다.
- 도 13 및 도 14는 본 발명의 다른 실시예에 따른 광섬유 센서를 골반에 부착한 상태에서 광섬유 센서로부터 출력된 광신호의 파장 변화를 예시한 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0032] 이하, 본 발명을 설명함에 있어서 관련된 공지기능에 대하여 이 분야의 기술자에게 자명한 사항으로서 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명을 생략하고, 본 발명의 일부 실시예들을 예시적인 도면을 통해 상세하게 설명한다.
- [0033] 본 실시예에 따른 광섬유 센서는 헬리컬 구조의 코어에 형성된 이중 브래그 격자를 이용하여 신체 운용의 연속적인 동작 모니터링이 가능하다. 본 실시예에 따른 광섬유 센서는 정적인 동작의 연속적 흐름을 측정할 수 있고, 동적인 동작의 연속적 흐름을 측정할 수 있고, 순간적인 파장 변이에 따른 변곡점을 측정할 수 있다.
- [0034] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 광섬유 센서의 제작 방법을 예시한 흐름도이다.
- [0035] 광섬유 센서의 제작 방법은 코어에 3 개 이상의 기본 브래그 격자를 형성하는 단계(S101) 및 코어에서 연속하는 2 개의 기본 브래그 격자 사이에 서브 브래그 격자를 형성하는 단계(S102)를 포함한다.
- [0036] 광섬유 센서의 제작 방법은 기본 브래그 격자를 형성하는 단계(S101) 이전에, 코어를 회전시켜 사출하는 방식으로 헬리컬 구조를 갖는 코어를 형성하는 단계를 더 포함할 수 있다. 헬리컬 구조는 단순한 트위스트 구조와 다르다.
- [0037] 기본 브래그 격자를 형성하는 단계(S101)는 코어에 자외선(Ultraviolet)을 조사하는 방식을 통해 기본 브래그 격자를 형성할 수 있다. 기본 브래그 격자를 형성하는 단계(S101)는 코어에 구간의 길이가 변하는 장주기(Long Period)로 기본 브래그 격자를 형성할 수 있다.
- [0038] 서브 브래그 격자를 형성하는 단계(S102)는 코어에 펄스 레이저를 조사하는 방식을 통해 서브 브래그 격자를 형성할 수 있다. 예컨대, 펄스초 레이저를 이용할 수 있다. 서브 브래그 격자를 형성하는 단계(S102)는 코어에 균일한 길이를 갖는 단주기(Short Period)로 서브 브래그 격자를 형성할 수 있다.
- [0039] 도 2는 본 발명의 다른 실시예에 따른 광섬유 센서를 예시한 블록도이고, 도 3은 본 발명의 다른 실시예에 따른 광섬유 센서의 외형을 예시한 도면이고, 도 4는 본 발명의 다른 실시예에 따른 광섬유 센서의 단면을 예시한 도면이다.
- [0040] 광섬유 센서(10)는 브래그 격자(Bragg Grating)가 형성된 코어(100) 및 코어(Core, 100)의 둘레를 감싼 클래딩(Cladding, 200)을 포함한다. 광섬유 센서(10)는 클래딩(200)을 감싼 보호층(300)을 더 포함할 수 있다. 보호층(300)은 외부로부터 차폐 및 보호를 위한 코팅층 및 제킷층을 포함할 수 있다. 광섬유 센서(10)의 끝단에 축 고정 홀더를 포함할 수 있다.
- [0041] 광섬유 센서(10)는 센서 측정 부위의 양단 또는 한쪽에 위치할 수 있다. 동작의 중심과 동작의 끝단에 위치할 수 있다.
- [0042] 광섬유 센서(10)는 클래딩 내부의 코어의 개수에 따라 단일 코어 또는 복수 코어로 형성될 수 있다.
- [0043] 광섬유 센서(10)는 코어에서 브래그 격자의 위치에 따라 일점형, 다중형, 분포형으로 형성될 수 있다. 일점형은 하나의 코어의 좁은 구간에 하나 이상의 브래그 격자가 새겨진 간단한 구조이다. 다중형은 하나의 코어의 다양한 구간마다 브래그 격자가 일점형으로 새겨진 구조이다. 예컨대, 이중형은 2 그룹의 일점형이 코어의 양단에 각각 위치할 수 있다. 분포형은 하나의 코어의 넓은 구간에 걸쳐서 브래그 격자가 연속적으로 새겨진 구조이다.
- [0044] 광섬유 브래그 격자는 입사광의 특정 파장을 반사하는 많은 패턴의 반사점을 지닌 작은 길이로 형성된다. 광신호의 모든 파장은 반사되거나 감쇄되지 않고 일부의 파장만 격자를 통해 전송된다. 각 격자에서 반사되는 광신호는 좁은 스펙트럼을 갖는다. 반사 피크(Peak)의 파장을 분석하면 변이 요인을 파악할 수 있다.
- [0045] 광섬유 브래그 파장은 $\lambda_B = 2n_e A$ 브래그 조건을 만족한다. 여기서 n_e 는 광섬유 격자의 유효굴절률(Effective Refractive Index)로 빛이 브래그 격자의 한 주기를 진행할 때 평균 굴절률을 의미한다. A는 광섬유에 새겨진 브래그 격자의 간격(Grating Period)을 의미한다. 브래그 파장의 변화를 측정하면 광섬유 격자에 인가된 물리량을 산출할 수 있다.
- [0046] 하나의 광섬유에 여러 개의 격자가 사용되더라도 각 격자의 반사 파장을 모두 다르게 하면 반사된 광신호의 스펙트럼으로부터 각각의 격자에 해당하는 물리량을 구분할 수 있다. 파장 분할 방식이라고 한다.
- [0047] 본 실시예에 따른 광섬유 센서는 동일 파장의 근접 파장과 상반 관계 흐름, 동일 파장의 서로 다른 위치에 놓

인 브래그 파장의 분리 변이 흐름을 연속적으로 정밀하게 측정할 수 있다.

- [0048] 본 실시예에 따른 광섬유 센서에서 격자에서 반사되는 파장은 서로 다른 위치에 놓인 동일 브래그 파장의 유효 굴절률과 격자 간격의 함수로 표현된다. 본 실시예에 따른 광섬유 센서는 좌우 밸런스 흐름에서 정밀한 영률 포인트 패턴을 측정할 수 있다. 정밀한 흐름 패턴은 주기적인 좌우 밸런스의 영률 포인트 신호를 생성한다.
- [0049] 본 센서는 영률의 반복 패턴 속에서 획득된 신호를 통해 카이랄 신체 동작을 확인할 수 있다. 카이랄 신체 동작은 정적 평형 상태와 동적 평형 상태로 구분된다. 정적 평형 상태 측정은 자세 조정으로 자세의 안전성과 평형을 측정하고, 동적 평형 상태 측정은 신체 동작의 순간적인 변곡 속도와 가속도를 측정한다.
- [0050] 일반적인 사물의 물리량을 절대적인 수치로 측정하는 것과 달리, 동적인 구조체의 움직임은 상대적인 수치로 해석하는 것이 바람직하다. 특히 상대적인 수치 해석은 카이랄 구조체 영률 측정에 적합하다. 카이랄 구조체의 움직임은 수직과 수평의 편위가 혼합된 완전한 3차원 경사를 따르는 속성을 가지기 때문이다.
- [0051] 동물의 신체 구조는 카이랄 구조로 되어 있고 근육과 뼈가 유기적으로 연결되어 있다. 본 센서는 골격계의 정적 및 동적 측정 범위와 정도를 제공할 수 있다. 본 센서는 빛의 입사각의 사선 변형을 통한 빛의 임계각 변화와 외부 스트레인에 의해 변형된 굴절률 변화로 브래그 파장 변이를 유도한다. 임계각 변화와 굴절률 변화는 방향 측정을 가능하게 한다. 파장 변이의 정도를 측정하여 스칼라량을 측정할 수 있고, 파장의 변이는 스트레인 응력 방향에 따라 양과 음의 부호를 가지므로 방향을 측정할 수 있다.
- [0052] 스트레인의 변이는 광섬유의 광탄성(Photoelasticity)에 의해 압축이나 텐션 아래에서 음 또는 양의 단축결정(Uniaxial Crystal) 성질을 나타낸다. 실질적인 스트레스는 광축에 작용하게 된다. 광축에 작용하는 스트레스의 정량적 값은 파장의 변이를 통해 산출된다. 광섬유의 광탄성은 광학적으로 등방적인 물질에 역학적 스트레스를 가하여 비등방적으로 만드는 것을 의미한다.
- [0053] 도 5은 본 발명의 다른 실시예에 따른 광섬유 센서에서 헬리컬 구조로 형성된 코어를 예시한 도면이다.
- [0054] 코어(100)는 헬리컬 구조로 형성될 수 있다.
- [0055] 헬리컬 코어 구조는 카이랄 동작 변곡 측정의 연속적 영률 측정을 가능하게 하는 기본 구조이다. 헬리컬 코어 구조는 광섬유 단독의 영률 변화만으로도 브래그 격자의 파장 변이를 가능하게 한다.
- [0056] 브래그 파장의 변이는 외부에서의 광파로 축에 인가된 스트레인으로 인한 굴절률의 변화에 따른 특정 브래그 파장을 유도한다. 기본 광섬유 센서는 광파로 축의 변형인 장방향의 스트레인의 인가에 의해 조절된다. 기본 광섬유 센서는 광섬유의 인장을 유도하여 굴절률의 변형을 일으키는 기계적 물성의 변형을 이용하므로, 대상체와의 접합 정도가 측정 정확도에 큰 영향을 준다.
- [0057] 기존의 방식은 복잡한 체표 곡물을 압박하여 인장하는 방식으로 신체 본연의 자연스러운 연속적 흐름을 측정하는데 곤란하다. 기존의 방식은 공간적인 신체 동작을 측정하는데 곤란하다.
- [0058] 기존의 방식과 달리, 헬리컬 코어 구조를 적용하여 체표 측정에 공간적 움직임 속성을 반영할 수 있다. 헬리컬 코어 구조는 체표의 복잡한 형상 측정을 가능하게 하는 민감도를 갖게 한다. 헬리컬 코어 구조는 외부 구조물의 스트레인으로부터 자유롭게 하고, 광섬유 자체 동작 제어만으로도 방향 측정을 가능하게 한다.
- [0059] 헬리컬 코어 구조는 벡터 방향 전환시 방향 전환 속도 측정을 정밀하게 측정할 수 있도록 돕는 기계적 구조이다. 헬리컬 구조로 형성된 코어는 헬리컬 구조에 따른 탄성파를 이용하여 브래그 격자의 파장을 이동시키고 광섬유 센서의 방향 전환 속도를 가속할 수 있다.
- [0060] 헬리컬 구조의 비대칭적 전단력(Shear Force) 스트레인 인가에 의한 브래그 격자의 파장 변이는 신체 동작의 연속적 파장 변이를 측정할 때 정확도를 높여준다.
- [0061] 헬리컬 구조로 형성된 코어는 헬리컬 구조에 따른 광의 입사각 변형을 통하여 광의 임계각을 변화시킬 수 있다. 파면과 편광의 변화를 주어 파형의 변화를 유도할 수 있다.
- [0062] 도 6은 본 발명의 다른 실시예에 따른 광섬유 센서의 이중 브래그 격자를 예시한 도면이다.
- [0063] 브래그 격자는 (i) 3 개 이상의 기본 브래그 격자(110) 및 (ii) 연속하는 2 개의 기본 브래그 격자 사이에 위치하는 서브 브래그 격자(120)를 포함한다.
- [0064] 기본 브래그 격자(110)는 구간의 길이가 변하는 장주기(Long Period)로 형성될 수 있다. 기본 브래그 격자(110)는 브래그 격자의 파장의 이동에 영향을 주지 않고, 브래그 격자의 파장의 크기에 주기적인 패턴을 형성하여

공간 측정의 상대적인 기준을 제공할 수 있다. 기본 브래그 격자(110)는 코어 모드와 클래딩 모드의 상호 작용에 의한 커플링 현상으로 스펙트럼의 피크를 제외한 나머지 영역을 통과시키는 필터로 동작할 수 있다.

- [0065] 장주기는 광의 진행 방향으로 선형적으로 또는 비선형으로 변하는 비균일한 길이를 갖는 첩(Chirp) 구간(D11, D12, D13, D14)을 포함할 수 있다.
- [0066] 서브 브래그 격자(120)는 균일한 길이를 갖는 단주기(Short Period, D21, D22, D23, D24)로 형성될 수 있다.
- [0067] 광섬유 센서(10)는 기본 브래그 격자(110)의 파장 변이와 서브 브래그 격자(120)의 파장 변이를 통해 광신호의 공진을 형성할 수 있다.
- [0068] 센서의 격자에서 반사되는 파장은 서로 다른 위치에 놓인 동일 브래그 파장의 유효 굴절률과 격자 간격의 함수이다. 좌우 밸런스의 흐름도에 정밀한 열물 포인트 패턴 측정한다. 정밀한 흐름도의 패턴은 주기적인 좌우 균형의 밸런스의 열물 포인트 신호를 생성하게 된다.
- [0069] 센서에 형성된 장주기 격자와 단주기 격자의 이중 구조체는 1차 장주기 UV 조사 공정과 2차 단주기 펄스 레이저 조사 공정을 통한 형성될 수 있다. 이중 브래그 격자는 첩 형태의 연속 장주기 격자와 균일 형태의 단주기 격자를 포함할 수 있다.
- [0070] 장주기 브릿지로 연결된 단주기 격자 사이의 브래그 격자 디자인은 열물 공간상의 측정에 적합한 좌표 설정을 가능하게 한다. 장주기 격자는 브래그의 이동에 영향을 주지 않고 크기의 주기적인 패턴을 생성하여 각 브래그 파장의 크기에 주기성 속성을 가지게 한다.
- [0071] 장주기 격자는 코어와 클래딩의 유효 굴절률 그리고 코어의 유효 굴절률 변화를 통한 빛의 산란과 간섭을 통해 코어 모드와 클래딩 모드 두가지 경로로 이동하며 다시 코어와 클래딩에 의해 결합되어 코어에 전파되는 광에 대해 위상 편위되어 잡섭 패턴을 발생시킨다. 그러나 브래그 파장의 측정에는 영향을 미치지 않으며 공간상의 형상 측정에 좌표축 설정을 가능하게 한다.
- [0072] 빛은 브레넬 반사와 투과에 의하여 위상 변화 측정 방법에 의한 관계를 갖는다. 위상은 기준에 대한 비교 각도를 의미하고 각도는 디그리(Degree) 또는 라디안(Radian)으로 기록된다. 절대적인 위상과 상대적인 위상을 이용하여 파장의 변화를 알 수 있다.
- [0073] 장주기 격자는 광섬유 내의 코어 모드와 클래딩 모드의 상호 작용에 의한 커플링 현상으로 스펙트럼의 피크를 제외한 나머지 부분을 통과시킨다. 필터 작용은 파장 변이의 신호 측정을 용이하게 한다. 장주기 격자 및 단주기 격자의 복합 브래그 격자를 사용하여 신체 동작과 관련된 파장 변이의 패턴적인 신호를 도출할 수 있다.
- [0074] 펄스 레이저 격자 포인트는 측정 위치 양단에 위치할 수 있고, 동일 파장의 브래그 파장을 유도할 수 있다.
- [0075] 장력 스트레인을 이용한 근접 스펙트럼의 분포형 센서는 절대 측정의 일반적인 브래그 파장의 중심 파장 변이에 의한 모니터링을 섬세한 측정 해상도로 측정할 수 있게 한다.
- [0076] 동일 근접 파장의 중심 파장은 동일 위상의 피크에 모이게 된다. 양단의 단주기 격자에 의해 유도된 브래그 중심 파장은 외부 스트레인의 변형에 의해 두 부분으로 분할 또는 다양한 곡률 파장 분리 변화로 인해 양단 단주기 격자의 상대적 스트레인에 의한 변화에 반응하게 된다. 반사의 상대적 세기를 측정하는 파형의 변화에 의한 열물 모니터링 측정을 가능하게 한다.
- [0077] 이중 격자 디자인을 이용하여 열물의 4 가지 동선 패턴에 맞춰진 신호를 획득할 수 있다. 계단형 수직 상승/하강 및 사선형 상승/하강의 신호 측정이 가능하다. 시간의 정적인 움직임과 동적인 움직임에 따른 파장 변이 미분계수를 측정할 수 있다.
- [0078] 도 7은 본 발명의 다른 실시예에 따른 광섬유 센서의 탄성체의 외형을 예시한 도면이다.
- [0079] 광섬유 센서(10)는 광섬유의 물성과 함께 공존 가능한 강성과 탄성을 갖는 로딩 프레임 2차 구조체를 포함할 수 있다. 구조체는 공간적 힘의 운용에 적합한 열물 측정 로딩 프레임이다. 구조체는 웨어러블 센서로 동작하기 위해서 신체 표면의 공간적 굴곡 흐름에 적합하고 센서가 영향을 주는 범위를 확장한다.
- [0080] 광섬유 센서(10)는 커브 구간을 갖는 탄성체를 포함하며, 코어 및 클래딩이 탄성체에 형성될 수 있다. 예컨대, 탄성체의 외부에 부착되거나 탄성체의 내부에 매립하는 방식을 형성될 수 있다. 광섬유 센서(10)는 탄성체를 대상체에 부착하는 체결구를 더 포함할 수 있다.
- [0081] 서브 브래그 격자를 대상체의 동작의 끝단 방향에 가깝게 위치시키는 것이 바람직하다. 예컨대, 팔 동작을 측정

할 때 어깨(동작의 중심)와 팔뚝(동작의 끝단) 중에서 팔뚝 쪽에 서브 브래그 격자를 위치시킬 수 있다.

- [0082] 탄성체는 커브 구간(420, 430)과 직선 구간(410)을 포함하며, 서브 브래그 격자가 직선 구간(410)에 위치할 수 있다. 커브 구간(420, 430)에 서브 브래그 격자가 위치할 수도 있으나, 커브 구간을 대상체의 동작 중심에 가깝게 부착하는 것이 바람직하다. 또는 팔뚝 쪽에 직선 구간을 위치시키고 어깨 쪽에 커브 구간을 위치시킬 수 있다.
- [0083] 광섬유 센서(10)는 카이랄 구조와 영률의 상관성을 이용한 로딩 로드>Loading Rod) 구조체를 포함한다. 탄성 로드 셀 디자인은 광탄성 응답 속도에 협력하여 신체 구조의 카이랄 힘의 전달 운용의 확장 및 효율성을 제공한다. 구조체는 센서에 기계적 변환 분포를 정확하게 측정 가능하게 한다.
- [0084] 공간적 외부 힘의 운용과 센서를 연결해주는 로딩 탄성 바디체인 오일러 나선 커브가 사용될 수 있다. 탄성 로드를 사용하여 브래그 격자가 새겨진 범위와 다른 위치에 놓인 브래그 격자의 흐름을 연결할 수 있다. 신체의 동적 동작을 고려하여 힘의 운용 전환의 부드러운 전달을 가능하게 한다. 로딩 프레임 2차 구조체의 물성은 광탄성과의 상관성을 고려하여 강성과 탄성도를 설정할 수 있다.
- [0085] 센서의 파장 변이는 카이랄 움직임을 통한 센서 범위의 브래그 파장 변이가 탄성체의 탄성과 흐름도와 관련을 갖게 하여 센서 측정 범위를 확장할 수 있다. 연결되는 구조의 브릿지를 파장의 변이 흐름상에 연속적으로 있게 한다.
- [0086] 오일러 커브는 3 단계의 영률 전달 단계를 갖는다. 가지게 된다. 신체의 동작을 센서로 전달하기 위한 circular curve 구간, 영률의 변화점을 갖게 되는 euler easement 구간, 그리고 탄성과의 유효성이 상실 또는 유지되는 straight track 구간으로 나뉜다. 센서의 위치는 circular curve에 위치할 수 있다. 영률의 변환 포인트는 euler easement에 위치하게 된다. 다른 한 쌍의 센서는 straight track에서 연결될 수 있다.
- [0087] 도 8은 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 벡터 측정 장치를 예시한 블록도이다.
- [0088] 벡터 측정 장치(1)는 광섬유 센서(10), 광섬유 센서에 광신호를 송신하고 파장이 변화된 광신호를 수신하는 파장 계측부(20), 및 파장이 변화된 광신호를 분석하여 대상체의 동작에 대한 벡터를 출력하는 벡터 처리부(30)를 포함한다.
- [0089] 광섬유 센서(10)는 브래그 격자가 형성된 코어 및 코어의 둘레를 감싼 클래딩을 포함하며, 브래그 격자는 (i) 3개 이상의 기본 브래그 격자 및 (ii) 연속하는 2개의 기본 브래그 격자 사이에 위치하는 서브 브래그 격자를 포함한다.
- [0090] 파장 계측부(20)는 광원 및 파장을 검출하는 광검출기를 포함한다. 파장 계측부(20)는 유선 또는 무선으로 데이터를 전송할 수 있다.
- [0091] 벡터 처리부(30)는 파장의 피크를 추출하고, 파장의 크기 및 간격을 추출하고, 기준 축을 기준으로 양 또는 음의 부호를 추출할 수 있다. 추출한 데이터를 분석한 결과에 따라 벡터를 출력한다. 데이터의 패턴을 비교하여 벡터의 크기와 방향을 구분할 수 있다.
- [0092] 벡터 처리부(30)는 푸리에 변환을 적용하여 장주기 광파로에서의 단주기 격자의 다양한 파장 변이의 동적 변화를 세밀하게 분석할 수 있다.
- [0093] 벡터 측정 장치에 포함된 구성요소들은 상호 결합되어 적어도 하나의 모듈로 구현될 수 있다. 구성요소들은 장치 내부의 소프트웨어적인 모듈 또는 하드웨어적인 모듈을 연결하는 통신 경로에 연결되어 상호 간에 유기적으로 동작한다. 이러한 구성요소들은 하나 이상의 통신 버스 또는 신호선을 이용하여 통신한다.
- [0094] 벡터 측정 장치는 하드웨어, 펌웨어, 소프트웨어 또는 이들의 조합에 의해 로직회로 내에서 구현될 수 있고, 범용 또는 특정 목적 컴퓨터를 이용하여 구현될 수도 있다. 장치는 고정배선형(Hardwired) 기기, 필드 프로그램 가능한 게이트 어레이(Field Programmable Gate Array, FPGA), 주문형 반도체(Application Specific Integrated Circuit, ASIC) 등을 이용하여 구현될 수 있다. 또한, 장치는 하나 이상의 프로세서 및 컨트롤러를 포함한 시스템온칩(System on Chip, SoC)으로 구현될 수 있다.
- [0095] 벡터 측정 장치는 하드웨어적 요소가 마련된 컴퓨팅 디바이스에 소프트웨어, 하드웨어, 또는 이들의 조합하는 형태로 탑재될 수 있다. 컴퓨팅 디바이스는 각종 기기 또는 유무선 통신망과 통신을 수행하기 위한 통신 모듈 등의 통신장치, 프로그램을 실행하기 위한 데이터를 저장하는 메모리, 프로그램을 실행하여 연산 및 명령하기 위한 마이크로프로세서, 정보를 출력하는 표시부 등을 전부 또는 일부 포함한 다양한 장치를 의미할 수 있다.

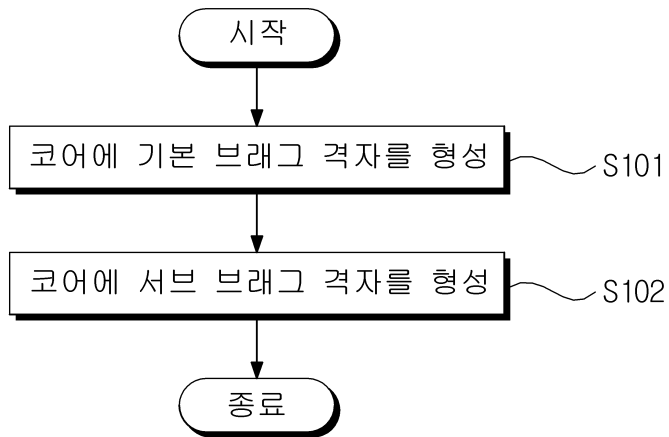
- [0096] 도 9는 본 발명의 다른 실시예에 따른 광섬유 센서의 움직임을 예시한 도면이다. 광섬유 센서는 구부리고 비튼 상태에서 상태에 따른 벡터를 출력한다.
- [0097] 도 10은 본 발명의 다른 실시예에 따른 광섬유 센서가 신체에 부착된 것을 예시한 도면이다. 엄지 손가락과 손목 중에서 손목 쪽에 서브 브래그 격자를 위치시킬 수 있다. 광섬유 센서는 손 동작 상태에 따른 벡터를 출력한다.
- [0098] 도 11은 골반의 움직임을 예시한 도면이다. 광섬유 센서는 골반의 Obliquity, Tilt, Rotation 상태에 따른 벡터를 출력한다.
- [0099] 도 12는 본 발명의 다른 실시예에 따른 광섬유 센서에 인가된 복수의 파장 대역을 예시한 도면이다.
- [0100] 파장의 동작 순간 시간에 대한 신호 변화를 다양하게 표현하도록 1 개의 파장, 2 개의 파장, 4 개의 파장 등을 한 쌍으로 배열할 수 있다. 동일한 쌍에 속하는 센서를 서로 다른 위치에 위치시킬 수 있다.
- [0101] 시뮬레이션 과정에서 파장을 1542 nm, 1552 nm, 1562 nm, 1572 nm로 사용하였으나, 이는 예시일 뿐이며 다른 파장 대역을 사용할 수 있다.
- [0102] 도 13 및 도 14는 본 발명의 다른 실시예에 따른 광섬유 센서를 골반에 부착한 상태에서 광섬유 센서로부터 출력된 광신호의 파장 변화를 예시한 도면이다.
- [0103] 본 실시예에 따른 광섬유 센서에 의하면 헬리컬 구조의 코어를 통해 수치 변화를 증폭시키고 이중 브래그 격자를 통해 대상체의 움직임의 상대적인 벡터 해석이 가능하다.
- [0104] 도 1에서는 각각의 과정을 순차적으로 실행하는 것으로 기재하고 있으나 이는 예시적으로 설명한 것에 불과하고, 이 분야의 기술자라면 본 발명의 실시예의 본질적인 특성에서 벗어나지 않는 범위에서 도 1에 기재된 순서를 일부 변경하여 실행하거나 또는 하나 이상의 과정을 병렬적으로 실행하거나 다른 과정을 추가하는 것으로 다양하게 수정 및 변형하여 적용 가능할 것이다.
- [0105] 본 실시예들은 본 실시예의 기술 사상을 설명하기 위한 것이고, 이러한 실시예에 의하여 본 실시예의 기술 사상의 범위가 한정되는 것은 아니다. 본 실시예의 보호 범위는 아래의 청구범위에 의하여 해석되어야 하며, 그와 동등한 범위 내에 있는 모든 기술 사상은 본 실시예의 권리범위에 포함되는 것으로 해석되어야 할 것이다.

부호의 설명

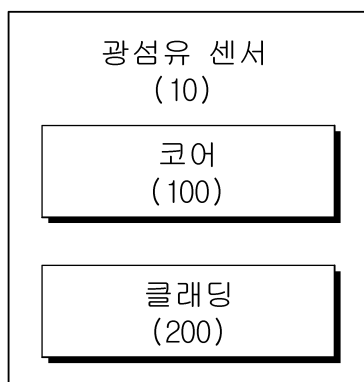
- [0106] 1: 벡터 측정 장치 10: 광섬유 센서
20: 파장 계측부 30: 벡터 처리부
100: 코어 110: 기본 브래그 격자
120: 서브 브래그 격자 200: 클래딩
300: 보호층

도면

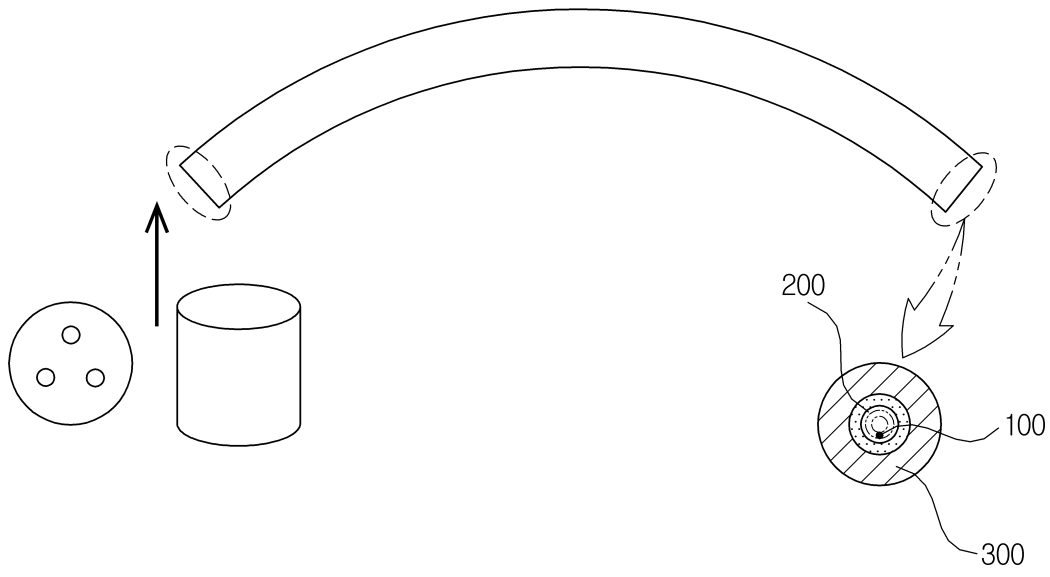
도면1



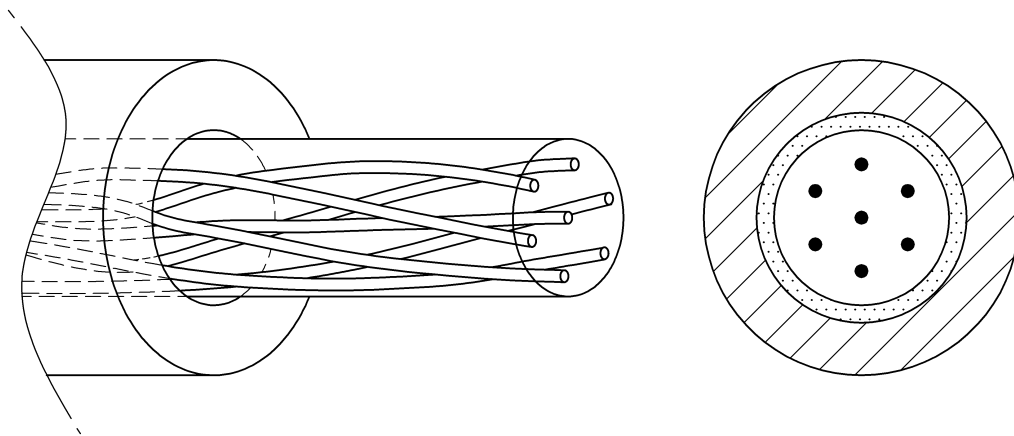
도면2



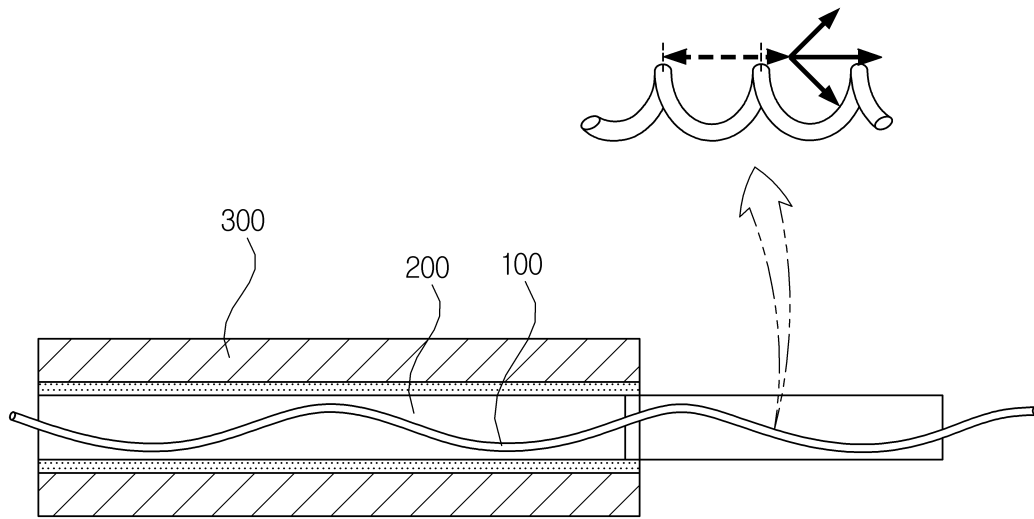
도면3



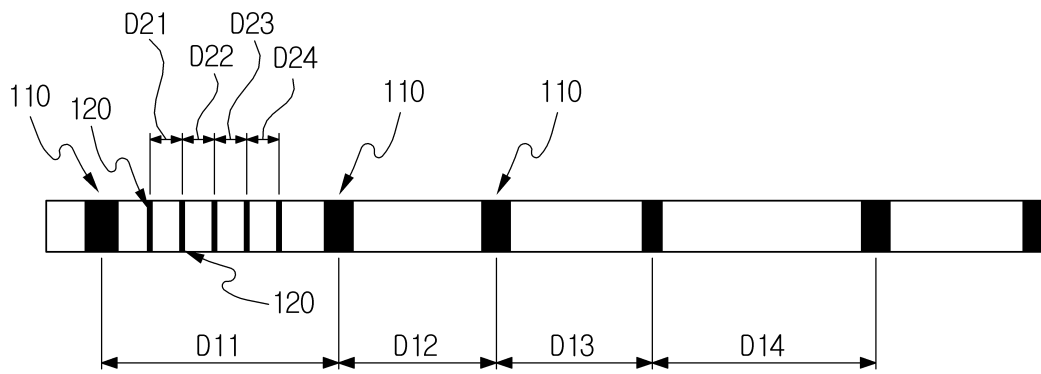
도면4



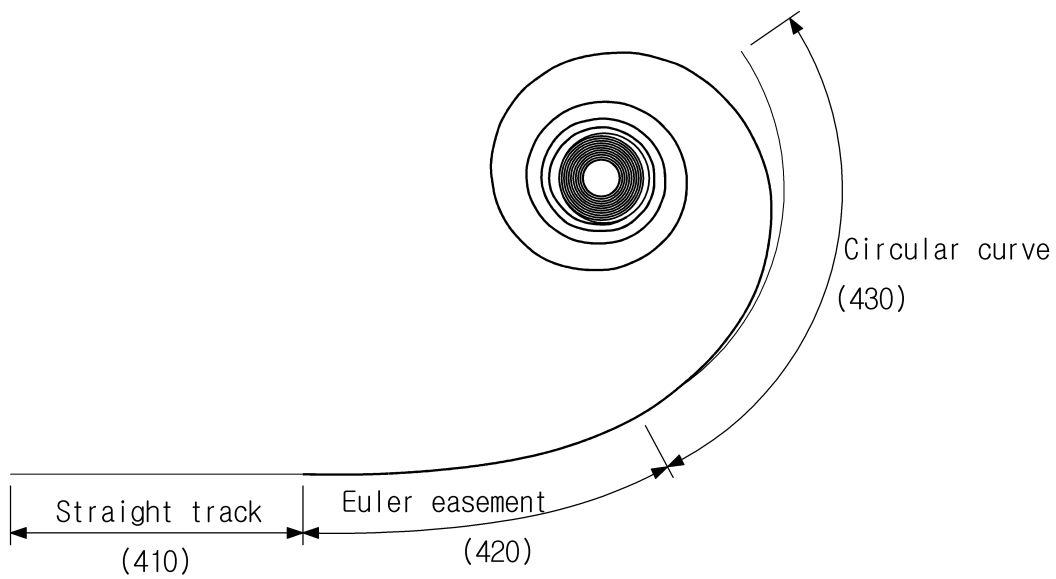
도면5



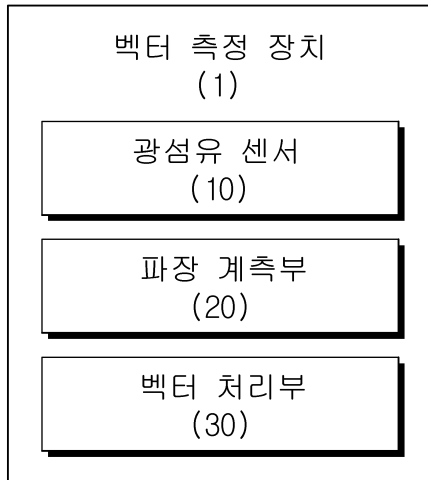
도면6



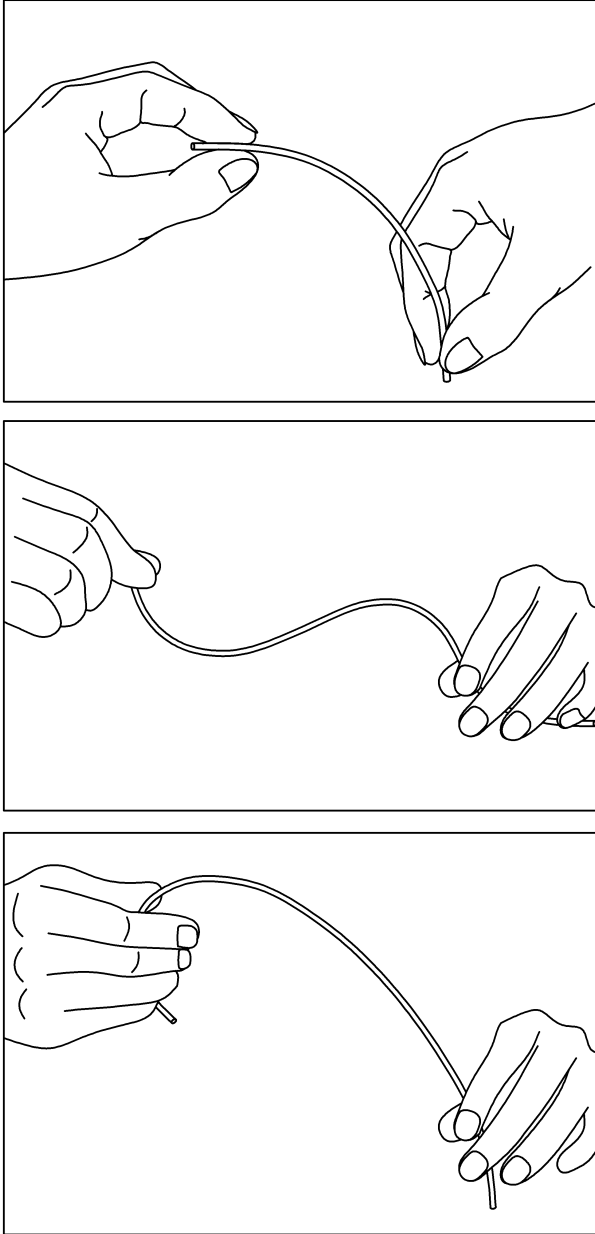
도면7



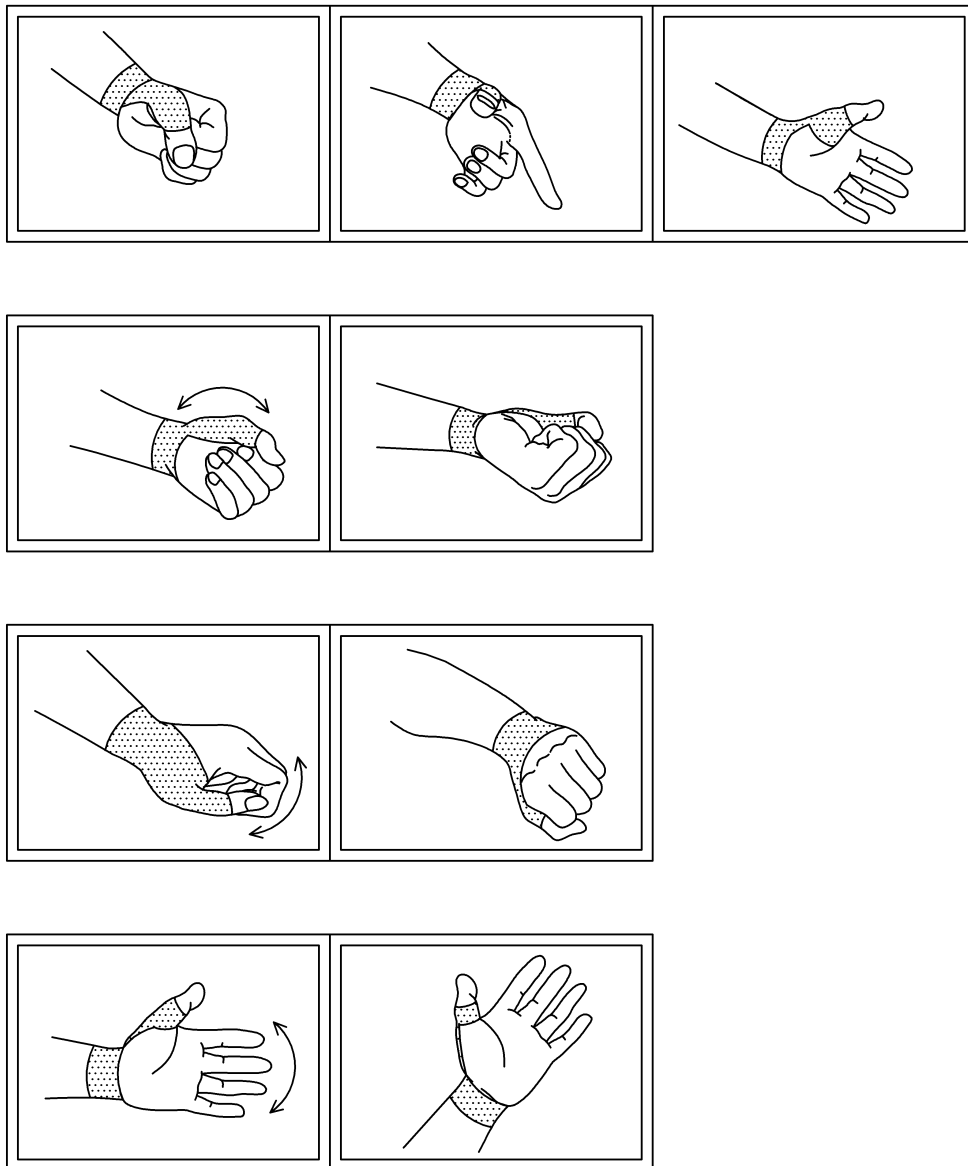
도면8



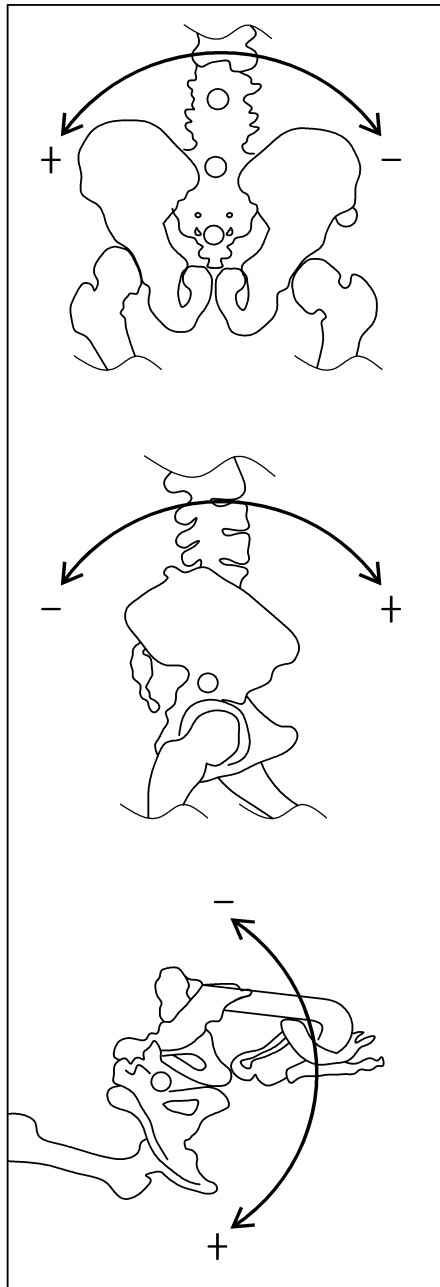
도면9



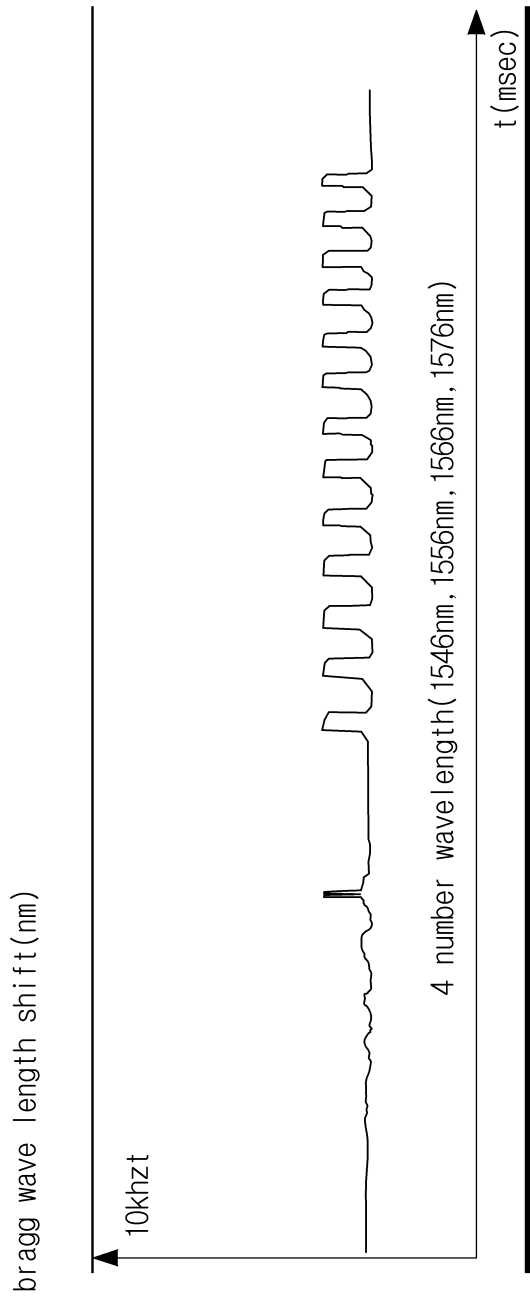
도면10



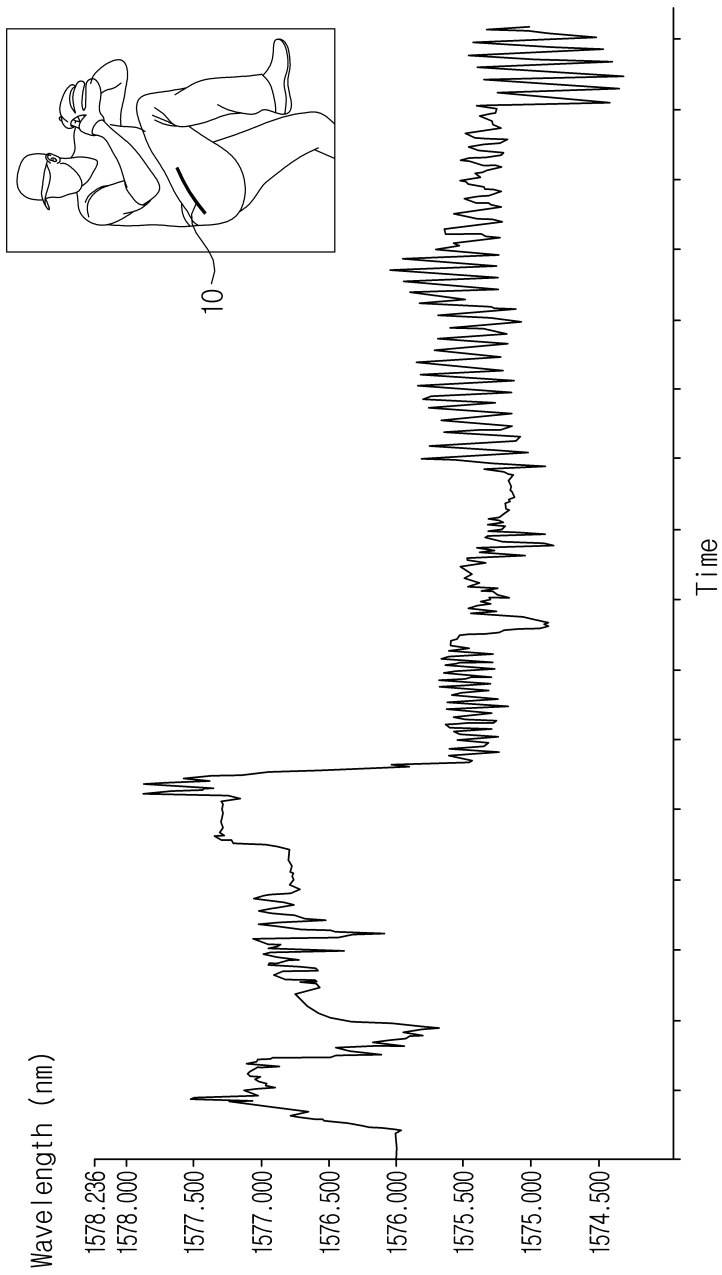
도면11



도면12



도면13



도면14

