(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2022년02월08일
(11) 등록번호 10-2360314
(24) 등록일자 2022년02월04일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01L 1/24 (2006.01) *G01L 11/02* (2006.01)
G01M 11/00 (2006.01)
(52) CPC특허분류
G01L 1/242 (2013.01)
G01L 11/025 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2020-0115069
(22) 출원일자 2020년09월09일
심사청구일자 2020년09월09일
(56) 선행기술조사문헌
KR1020090034509 A
KR1020110135439 A
KR100935866 B1
JP2004233345 A

(73) 특허권자
한발대학교 산학협력단
대전광역시 유성구 동서대로 125 (덕명동)
(72) 발명자
김민희
대전광역시 유성구 은구비남로 55, 707동 502호(지족동, 열매마을7단지)
김태영
대전광역시 유성구 학하서로121번길 162(덕명동) 태진빌 307호
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
특허법인오암

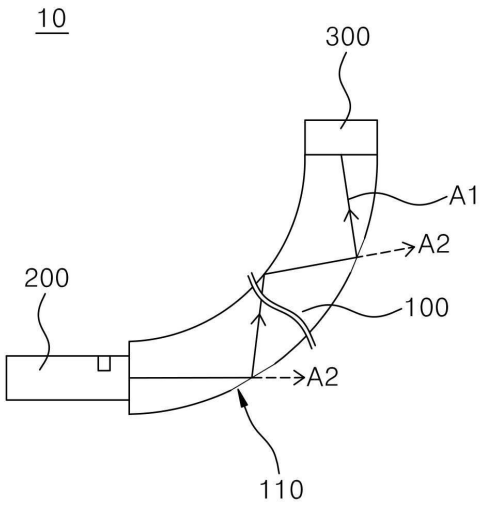
전체 청구항 수 : 총 6 항 심사관 : 이충석

(54) 발명의 명칭 **투명 광도파로를 구비하는 휨센서**

(57) 요 약

투명한 원통형의 광도파로와, 상기 광도파로의 일단부에 위치하여 상기 광도파로 내부로 빛을 조사하는 발광소자와, 상기 광도파로의 타단부에 위치하여 상기 광도파로를 이동한 빛을 감지하는 수광소자를 포함하고, 상기 광도파로는, 외력에 의해 휘어지는 외측부에 있어서 복수 개의 오목부가 형성되고, 상기 발광소자로부터 조사된 빛은 상기 광도파로의 휨에 따라 상기 오목부에 의해 전반사량이 변화하며 상기 광도파로를 이동하는 것을 특징으로 하는 투명 광도파로를 구비하는 휨센서를 제공한다.

대 표 도 - 도2



(52) CPC특허분류
G01M 11/33 (2013.01)
(72) 발명자
김준호
충청남도 천안시 서북구 쌍용11길 58(쌍용동, 주공7단지아파트)
김종대
서울특별시 종로구 창의문로10길 50(부암동)
김창하
경상북도 포항시 북구 아치로 47, 101동 505호(우현동, 우현2차 금성굿모닝)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1345323371
과제번호	LINCPLUS-2020-50
부처명	교육부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	산학연협력고도화지원(R&D)
연구과제명	사회맞춤형산학협력선도대학(LINC+)육성
기 여 율	1/1
과제수행기관명	한밭대학교
연구기간	2020.03.01 ~ 2021.02.28

명 세 서

청구범위

청구항 1

투명한 원통형의 광도파로와,

상기 광도파로의 일단부에 위치하여 상기 광도파로 내부로 빛을 조사하는 발광소자와,

상기 광도파로의 타단부에 위치하여 상기 광도파로를 이동한 빛을 감지하는 수광소자를 포함하고,

상기 광도파로는, 외력에 의해 휘어지는 외측부에 있어서 복수 개의 오목부가 형성되고, 상기 발광소자로부터 조사된 빛은 상기 광도파로의 휨에 따라 상기 오목부에 의해 전반사량이 변화하며 상기 광도파로를 이동하고,

상기 복수 개의 오목부는 원통형의 중심축과 평행하여 상기 광도파로의 외측부에 중심축을 향하여 오목하게 서로 나란히 형성되는 것을 특징으로 하는 투명 광도파로를 구비하는 휨센서.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 광도파로는, 굴절률이 1.2 이상 2.0 미만인 것을 특징으로 하는 투명 광도파로를 구비하는 휨센서.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 광도파로는, 폴리디메틸실록산(PDMS)이 열경화되어 구비되는 것을 특징으로 하는 투명 광도파로를 구비하는 휨센서.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 투명 광도파로를 구비하는 휨센서는, 곡률반경 10㎜ 내지 150㎜㎜의 범위에서 휨측정이 이루어지는 것을 특징으로 하는 투명 광도파로를 구비하는 휨센서.

청구항 5

제 4 항에 있어서,

상기 투명 광도파로를 구비하는 휨센서는, 상기 광도파로의 중심축과 평행한 방향으로 상기 오목부의 길이는 상기 곡률 반경의 10-50%인 크기로 형성된 것을 특징으로 하는 투명 광도파로를 구비하는 휨센서.

청구항 6

제 1 항에 있어서,

상기 투명 광도파로를 구비하는 휨센서는, 상기 수광소자가 감지한 빛을 증폭하는 증폭부재를 포함하는 것을 특징으로 하는 투명 광도파로를 구비하는 휨센서.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 투명 광도파로를 구비하는 휨센서에 관한 것으로, 휨의 정도에 따라 빛의 전반사량이 변화되고 변화된 빛의 양을 감지함으로써 휨을 측정하여 다양한 각도의 움직임을 연속적으로 측정할 수 있는 투명 광도파로를 구비하는 휨센서에 대한 것이다.

[0002]

배 경 기 술

[0003] 웨어러블 장치 산업분야에 있어서, 공간적, 시각적 제약을 해소하기 위한 방법 중 하나로 투명하고 가요성이 있는 웨어러블 장치에 관한 관심이 증가하고 있다. 또한, 건강에 관한 관심이 높아지면서 사람들이 병원이라는 시간적 공간적 제약에서 벗어나 필요한 시간과 장소에서 자신의 건강 상태를 측정하고자 하며, 이에 따라 의학과 접목된 웨어러블 장치에 대한 개발이 지속적으로 수행되고 있다.

[0004] 웨어러블 장치에 필요한 센서는 사용자의 신체에 밀착하여 사용자의 신체변화를 포함한 주변 환경의 변화를 지속해서 수집하는 것이 필요하다. 일 예로써, 바이오 신호를 센싱하고 센싱 결과를 분석하여 다양한 생체 정보(biometric-information)를 제공하는 스마트 폰이나 스마트 워치에는 광용적맥파(PPG, Photoplethysmography) 센서가 탑재되어 있으며, 사용자는 PPG 센서에 손가락 등을 접촉하여, 자신의 심박수 등을 측정할 수 있다.

[0005] 또한, 다른 예로써 신체의 동작을 감지하여 저항의 변화로 나타내주는 휨 센서, 스트레인 센서를 들 수 있다.

[0006] 휨 센서는 일반적으로 불투명 금속 소재로 제작되어 공간적, 시각적 제약을 가질 수 있기 때문에 광섬유 또는 플렉서블한 투명 기판과 같은 소재를 기반으로 하는 연구가 수행되고 있다. 이에 대해 미국공개특허 2018-0188125호, 'Flexible and Stretchable Sensor Using Soft Optical Waveguides'가 개시된 바 있다. 하지만, 상기의 발명은 광학파동 가이드의 외면의 반사물질층의 크랙을 이용하여 광학 파동 가이드의 물리적 변형을 감지하는 것으로 반사물질층의 내구성과 측정의 정확성에는 한계가 있을 수 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0007] (특허문헌 0001) 미국공개특허 2018-0188125호(공개일: 2018. 07. 05)

(특허문헌 0002) 한국등록특허 제10-0930127호(등록일: 2009. 11. 27)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0008] 본 발명이 이루고자 하는 기술적 과제는, 투명 광도파로의 표면을 가공하여 휨의 정도에 따라 빛의 전반사량이 변화되고 변화된 빛의 양을 감지함으로써 휨을 측정하여 다양한 각도의 움직임을 연속적으로 측정할 수 있는 투명 광도파로를 구비하는 휨센서를 제공하는 것에 목적이 있다.

[0009] 본 발명의 목적은 이상에서 언급한 목적으로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 목적들은 아래의 기재로부터 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

[0010] 상기의 문제를 해결하기 위하여 본 발명은 투명한 원통형의 광도파로와, 상기 광도파로의 일단부에 위치하여 상기 광도파로 내부로 빛을 조사하는 발광소자와, 상기 광도파로의 타단부에 위치하여 상기 광도파로를 이동한 빛을 감지하는 수광소자를 포함하고, 상기 광도파로는, 외력에 의해 휘어지는 외측부에 있어서 복수 개의 오목부가 형성되고, 상기 발광소자로부터 조사된 빛은 상기 광도파로의 휨에 따라 상기 오목부에 의해 전반사량이 변화하며 상기 광도파로를 이동하는 것을 특징으로 하는 투명 광도파로를 구비하는 휨센서를 제공할 수 있다.

[0011] 상기 광도파로는, 굴절률이 1.2 이상 2.0 미만인 것일 수 있다.

[0012] 상기 광도파로는, 폴리디메틸실록산(PDMS)이 열경화되어 구비되는 것일 수 있다.

[0013] 상기 투명 광도파로를 구비하는 휨센서는, 곡률반경 10㎜ 내지 150㎜㎜의 범위에서 휨측정이 이루어지는 것일 수 있다.

[0014] 상기 투명 광도파로를 구비하는 휨센서는, 상기 광도파로의 중심축과 평행한 방향으로 상기 오목부의 길이는 상기 곡률 반경의 10-50%인 크기로 형성된 것일 수 있다.

[0015] 상기 투명 광도파로를 구비하는 휨센서는, 상기 수광소자가 감지한 빛을 증폭하는 증폭부재를 포함할 수 있다.

발명의 효과

[0016] 본 발명의 실시예에 따른 투명 광도파로를 구비하는 휨센서는 투명 광도파로의 표면을 가공하여 외력에 의해 휘어지는 외측부에 있어서 복수 개의 오목부를 형성하고, 휨의 정도에 따라 빛의 전반사량이 변화되고 변화된 빛의 양을 감지함으로써 휨을 측정하여 다양한 각도의 움직임을 연속적으로 측정할 수 있는 장점이 있다.

도면의 간단한 설명

[0017] 도 1 및 도2는 본 발명의 실시예에 따른 투명 광도파로를 구비하는 휨센서를 나타낸 단면도,

도 3은 오목부를 구비하지 않은 투명 광도파로와 본 발명의 실시예에 따른 투명 광도파로를 구비하는 휨센서를 비교한 사진,

도 4는 본 발명의 실시예에 따른 투명 광도파로를 구비하는 휨센서의 투명 광도파로의 곡률에 따른 빛의 전반사를 비교한 단면도,

도 5는 본 발명의 실시예에 따른 투명 광도파로를 구비하는 휨센서의 투명 광도파로의 곡률에 따른 빛의 입사각과 반사각을 비교한 도면,

도 6은 본 발명의 실시예에 따른 투명 광도파로를 구비하는 휨센서의 증폭회로,

도 7 및 도8은 본 발명의 실시예에 따른 투명 광도파로를 구비하는 휨센서의 곡률반지름에 따른 휨성 측정결과를 나타낸 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0018] 이하, 첨부한 도면들을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예들을 상세히 설명한다. 다음에 소개되는 실시예들은 당업자에게 본 발명의 사상이 충분히 전달될 수 있도록 하기 위해 예로서 제공되어지는 것이다. 따라서, 본 발명은 이하 설명되어지는 실시예들에 한정되지 않고 다른 형태로 구체화될 수도 있다. 그리고, 도면들에 있어서, 층 및 영역의 길이, 두께 등은 편의를 위하여 과장되어 표현될 수도 있다. 명세서 전체에 걸쳐서 동일한 참조번호들은 동일한 구성요소들을 나타낸다.

[0019] 도 1 및 도2는 본 발명의 실시예에 따른 투명 광도파로를 구비하는 휨센서를 나타낸 단면도, 도 3은 오목부를 구비하지 않은 투명 광도파로와 본 발명의 실시예에 따른 투명 광도파로를 구비하는 휨센서를 비교한 사진, 도 4는 본 발명의 실시예에 따른 투명 광도파로를 구비하는 휨센서의 투명 광도파로의 곡률에 따른 빛의 전반사를 비교한 단면도, 도 5는 본 발명의 실시예에 따른 투명 광도파로를 구비하는 휨센서의 투명 광도파로의 곡률에 따른 빛의 입사각과 반사각을 비교한 도면, 도 6은 본 발명의 실시예에 따른 투명 광도파로를 구비하는 휨센서의 증폭회로, 도 7 및 도8은 본 발명의 실시예에 따른 투명 광도파로를 구비하는 휨센서의 곡률반지름에 따른 휨성 측정결과를 나타낸 그래프이다.

[0020] 도 1 내지 도 8을 참조하면, 본 발명의 실시예에 따른 투명 광도파로를 구비하는 휨센서(10)는 투명한 원통형의 광도파로(100)와, 상기 광도파로(100)의 일단부에 위치하여 상기 광도파로(100) 내부로 빛(A)을 조사하는 발광소자(200)와, 상기 광도파로(100)의 타단부에 위치하여 상기 광도파로(100)를 이동한 빛(A)을 감지하는 수광소자(300)를 포함할 수 있다.

[0021] 상기 광도파로(100)는, 인체 또는 로봇 관절의 운동과 같은 구부러짐에 의해서 전반사의 발생이 효과적으로 일어날 수 있도록 굴절률이 1.2 이상 2.0 미만인 것일 수 있으며, 더욱 바람직하게는 1.2 이상 1.6 미만일 수 있다. 또한, 광도파로(100)는 반복적인 휨에서도 내구성이 있는 투명 소재로, 고분자 물질을 경화하여 형성된 것

일 수 있다. 예로써, 광도파로(100)는 폴리디메틸실록산(PDMS, poly-dimethylsiloxane)이 열경화되어 구비되는 것일 수 있으며, 굴절율이 약 1.4이고, 공기와의 임계각은 약 45.58일 수 있다.

[0022] 상기 광도파로(100)는, 외력에 의해 휘어지는 외측부에 있어서 복수 개의 오목부(110)가 원통형의 중심축과 평행한 방향으로 형성되고, 상기 발광소자(200)로부터 조사된 빛(A)은 상기 광도파로(100)의 휨에 따라 상기 오목부(110)에 의해 전반사량이 변화하며 상기 광도파로를 이동(A1)할 수 있다. 즉 발광소자(200)로부터 방출된 빛의 일부는 전반사되어 광도파로를 이동(A1)하고, 다른 일부는 오목부(110)에 의해 외부로 방출됨으로써 광도파로(100)의 휨에 따라 수광소자(300)로 도달하는 빛의 세기가 차이가 날 수 있다.

[0023] 도 1과 같이 광도파로(100)가 구부러지지 않은 상태에서는 빛이 전반사에 의해서 수광소자(300)까지 적은 손실만을 가지고 대부분 도달할 수 있다. 또한, 일반적인 광도파로의 경우(도3의 (b)), 구부러지더라도 입사각이 커서 대부분의 빛이 전반사가 일어나서 구부러지지 않았을 때와 비교하여서 포토센서에서 인식하는 빛의 양의 차이가 적을 수 있다.

[0024] 그러나 광도파로(100)에 오목부(110)가 형성된 경우(도3의 (a)), 광도파로(100)가 구부러지면서 입사각이 커지게 되므로 전반사가 일어나는 양이 줄어들 수 있다. 즉, 도 2와 같이 광도파로(100)가 구부러지게 되면 일부의 빛이 투과(A2)되어 광도파로(100)의 외부로 방출될 수 있으며, 상대적으로 적은 양의 빛이 수광부에 도달(A1)할 수 있다. 이 경우 외력에 의해 휘어지는 광도파로(100)의 외측부에 형성된 오목부(110)는 직선형으로 신장될 수 있으며, 광도파로(100)와 공기의 계면에서 빛의 입사각이 증가하여서 빛의 투과도가 증가할 수 있다. 즉, 많이 휘어질수록, 즉 도4의 곡률a보다 곡률b와 같이 작은 곡률 반지름을 가질수록 많은 빛이 투과될 수 있다. 이를 통하여 휨(구부러짐)의 크기에 따라 수광소자(300)가 감지하는 빛의 양의 차이가 발생할 수 있으며, 지속적으로 변화되는 휨의 상태를 연속적으로 측정할 수 있다.

[0025] 따라서 다양한 각도의 움직임을 휨센서(10)를 통해 계측할 수 있으며 내구성이 좋고 투명하며 유연한 소재를 사용하기 때문에 웨어러블 센서로 작용할 수 있는 장점이 있다. 몸을 사용하기 불편한 사람들의 여러 가지 동작의도를 센서로 검출하여 출력된 신호는 근육의 굴곡량을 나타낼 수 있는데, 인공 의수에 있어서 팔의 동작의도를 판단할 수 있는 신호처리 시스템에 상기 휨센서(10)의 측정 결과를 이용하면 하완의 굴곡과 신전 운동, 손의 운동을 구별하고, 구별된 신호로부터 실제 팔의 운동 각도를 추정하여 인공 의수의 각도를 제어할 수 있다.

[0026] 상기 투명 광도파로를 구비하는 휨센서(10)는, 효과적인 전반사의 측정이 이루어질 수 있도록 곡률반경 10㎜ 내지 150㎜㎜의 범위에서 휨 측정이 이루어지는 것일 수 있다. 나아가서, 상기 투명 광도파로를 구비하는 휨센서(10)는, 효과적인 전반사를 위하여 상기 광도파로(100)의 중심축과 평행한 방향으로 상기 오목부(110)의 길이는 상기 곡률 반경의 10-50%인 크기로 형성된 것일 수 있으며, 더욱 바람직하게는 20 내지 25%의 크기로 형성된 것일 수 있다.

[0027] 상기 투명 광도파로를 구비하는 휨센서(10)는, 상기 수광소자가 감지한 빛을 증폭하는 증폭부재를 포함하여, 광도파로의 휨에 따라 수광소자(300)가 감지한 빛의 크기 차이를 증폭시킴으로써 휨의 미세한 차이를 용이하게 나타낼 수 있다.

[0028] 이하, 본 발명에 따른 투명 광도파로를 구비하는 휨센서를 하기 실험예를 통해 설명하겠는 바, 하기 실험예는 본 발명을 설명하기 위한 예시일 뿐 본 발명이 이에 한정되는 것은 아니다.

[0029] **증폭회로 설계**

[0030] 발광소자로는 레이저를 이용하고, 투명 광도파로는 열경화된 폴리디메틸실록산(PDMS)을 이용하였으며, 굴절율은 1.4로 측정되었다. 수광소자의 광감지 포토센서는 CdS를 이용하여 휨센서를 제조하였으며, 도 6과 같은 증폭회로를 구성하였다. R3와 CdS의 저항 차이에 따른 전압 분배를 이용하여 CdS에 걸리는 전압이 증폭기에 입력되도록 제작하였고 Vout의 변화 폭이 좁아서 R1값을 낮추어 측정되는 전압 크기를 감소시킴으로써 측정 전압의 변화 폭을 증가시킬 수 있도록 R1과 R3를 구성하였다. 곡률반경이 13cm일 때, 아래 표 1과 같은 저항의 변화에 따른 휨센서의 측정값을 비교하였다.

표 1

[0031]

저항 변화	직선 광도파로의 측정값	굴절된 광도파로의 측정값
R1 10kΩ / R3 10kΩ	2.83V	2.60V
R1 5kΩ / R3 10kΩ	2.73V	2.31V

R1 5kΩ / R3 20kΩ	2.80V	1.90V

[0032] 결과, 도 6과 같은 증폭회로의 경우, R1은 5kΩ, R3는 20kΩ일 때 수광소자로부터 측정된 광량의 값은 2.80V ~ 1.90V로 가장 폭이 넓어 R1은 5kΩ, R3는 20kΩ을 선택하여 증폭회로를 구성하였다.

[0033] **실험예 1 - 오목부가 형성된 투명광도파로를 구비하는 휨센서 제조**

[0034] 증폭회로 설계 시의 동일한 발광소자와 수광소자를 이용하여 휨센서를 구성하였다. 열경화된 폴리디메틸실록산(PDMS)을 이용하여 굴절율 1.4인 투명광도파로를 구비하되, 곡률반경 13cm인 상태에서 휘어진 외측부를 3cm 절단하여 투명광도파로의 오목부를 형성하였다.

[0035] **실험예 2 - 휨측정**

[0036] 상기 증폭회로와 심험예 1의 휨센서를 이용하였고, 5cm부터 13cm까지 곡률반경을 1cm씩 변화시키며 광도파로의 휨을 다르게 하여 곡률반지름의 변화에 따른 증폭회로의 전압을 측정하였다.

[0037] **실험예 3 - 휨센서의 내구성 측정**

[0038] 상기 증폭회로와 심험예 1의 휨센서를 이용하여 실험예 2와 같이 광도파로의 휨을 다르게 하되, 200회부터 1000회까지 반복 휨을 수행한 후 곡률반지름의 변화에 따른 증폭회로의 전압을 측정하였다.

[0039] **비교예 1**

[0040] 실험예 1과 동일한 발광소자와 수광소자를 이용하여 휨센서를 구성하되, 열경화된 폴리디메틸실록산(PDMS)을 이용하여 굴절율 1.4인 투명광도파로를 오목부 없이 휨센서를 제조하였다.

[0041] **결과**

[0042] 실험예 1의 휨센서와 비교예 1의 휨센서를 이용하여 광도파로를 곡률 5cm로 구부린 후 증폭회로 측정값을 비교하였다.

표 2

[0043]

	직선상태	곡률5cm로 휜 상태
비교예1	3.61V	3.58V
실험예1	3.31V	1.96V

[0044] 실험예 1과 비교예1의 결과를 볼 때, 직선 상태와 휨 상태에 대해 측정 결과의 차이는 실험예 2가 더 크므로, 오목부가 형성된 광도파로를 이용하는 경우 휨의 변화, 즉 굴절의 변화에 대한 감지가 더 용이함을 알 수 있다.

[0045] 실험예 3의 결과, 도 7과 같이 5cm 내지 13cm의 곡률에 따른 각각의 전압의 변화가 측정되었다. 곡률 반지름이 클수록 전반사되는 빛의 양이 많으므로 곡률 반지름 13cm일 때, Vout에서 약 2.4V의 높은 전압값이 출력됨을 알 수 있으며, 광도파로의 휨이 클수록 즉, 곡률 반지름이 감소할수록 수광소자에서 측정되는 빛의 세기가 점점 약해지기 때문에 Vout의 전압값이 점점 감소함을 알 수 있다(곡률 5cm 일 때 약 1.9V 측정). 따라서 휨의 크기에 따라 출력되는 전압값이 달라지므로 다양한 각도의 움직임을 측정할 수 있다.

[0046] 실험예 4의 결과, 도 8과 같이 5cm 내지 13cm의 곡률에 있어서, 200회부터 1000번까지 구부리면서 200회 단위로 측정한 결과, 첫 측정값과 유사한 분포를 보이는 것을 알 수 있으며, 이는 내구성에 있어서도 문제가 없음을 알 수 있다. 즉, 다양한 각도의 움직임을 연속적으로 측정할 수 있다는 것을 보여준다.

[0047] 본 발명의 실시예에 따른 투명 광도파로를 구비하는 휨센서는 투명 광도파로의 표면을 가공하여 외력에 의해 휘어지는 외측부에 있어서 복수 개의 오목부를 형성하고, 휨의 정도에 따라 빛의 전반사량이 변화되고 변화된 빛의 양을 감지함으로써 휨을 측정하여 다양한 각도의 움직임을 연속적으로 측정할 수 있는 장점이 있다. 따라서 다양한 각도의 움직임을 휨센서(10)를 통해 계측할 수 있으며 내구성이 좋고 투명하며 유연한 소재를 사용하기 때문에 웨어러블 센서로 작용할 수 있는 장점이 있다. 나아가서, 인공 의수에 있어서 팔의 동작의도를 판단할 수 있는 신호처리 시스템에 상기 휨센서(10)의 측정 결과를 이용하면 하완의 굴곡과 신전 운동, 손의 운동을 구별하고, 구별된 신호로부터 실제 팔의 운동 각도를 추정하여 인공 의수의 각도를 제어할 수 있다.

[0048] 상기에서는 본 발명의 바람직한 실시예를 참조하여 설명하였지만, 해당 기술 분야의 숙련된 당업자는 하기의 특

허 청구의 범위에 기재된 본 발명의 사상 및 영역으로부터 벗어나지 않는 범위 내에서 본 발명을 다양하게 수정 및 변경시킬 수 있음을 이해할 수 있을 것이다.

부호의 설명

[0049] 10; 투명 광도파로를 구비하는 휨센서

100; 광도파로

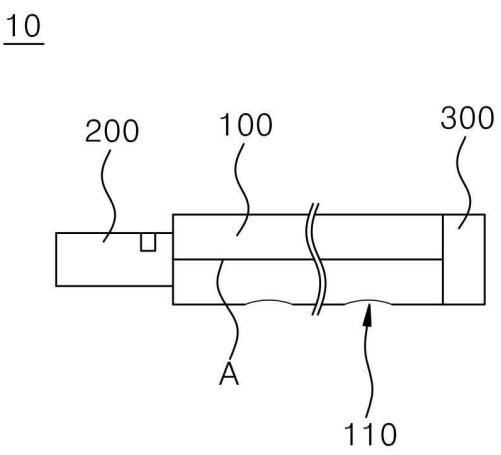
110; 오목부

200; 발광소자

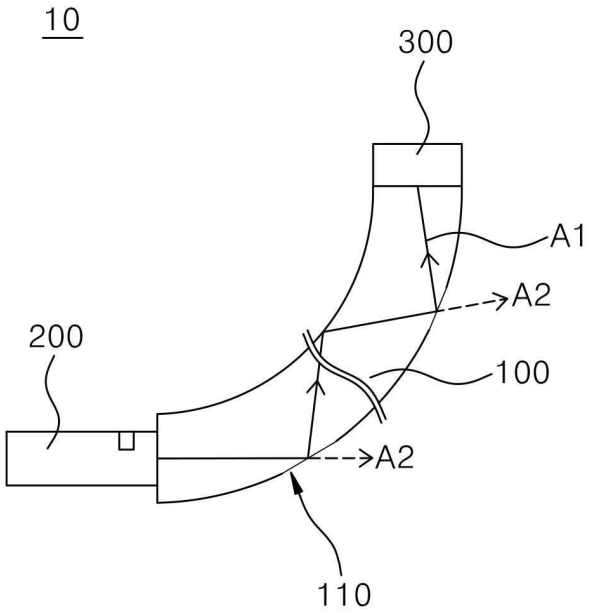
300; 수광소자

도면

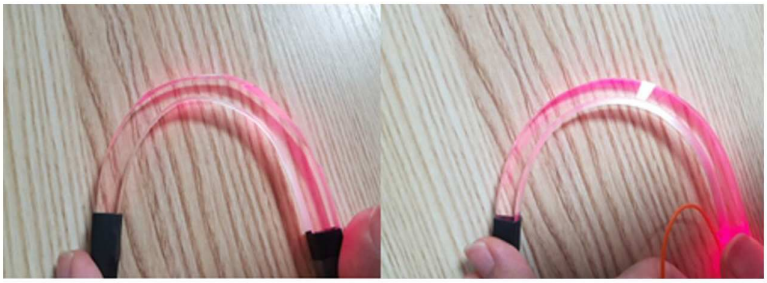
도면1



도면2

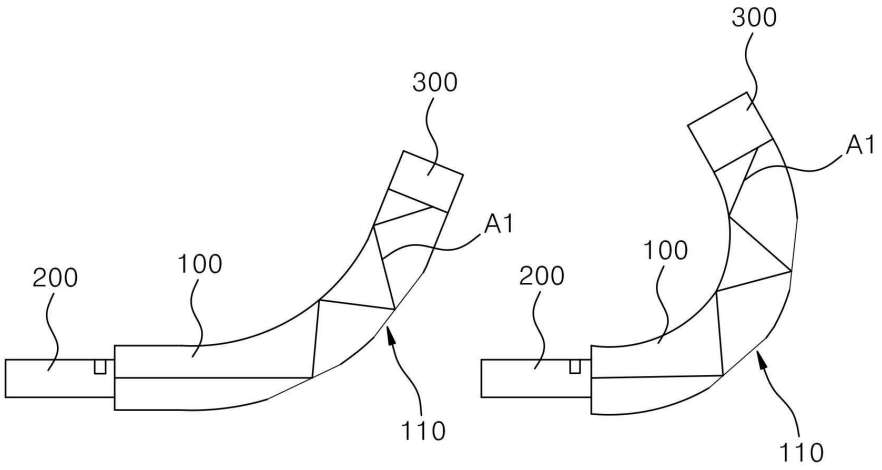


도면3



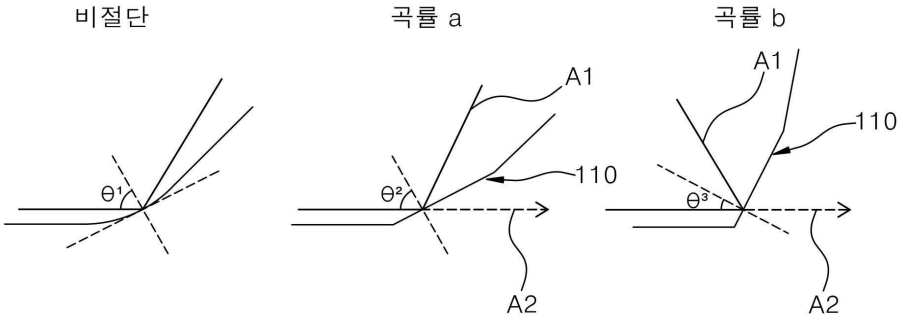
(a) (b)

도면4

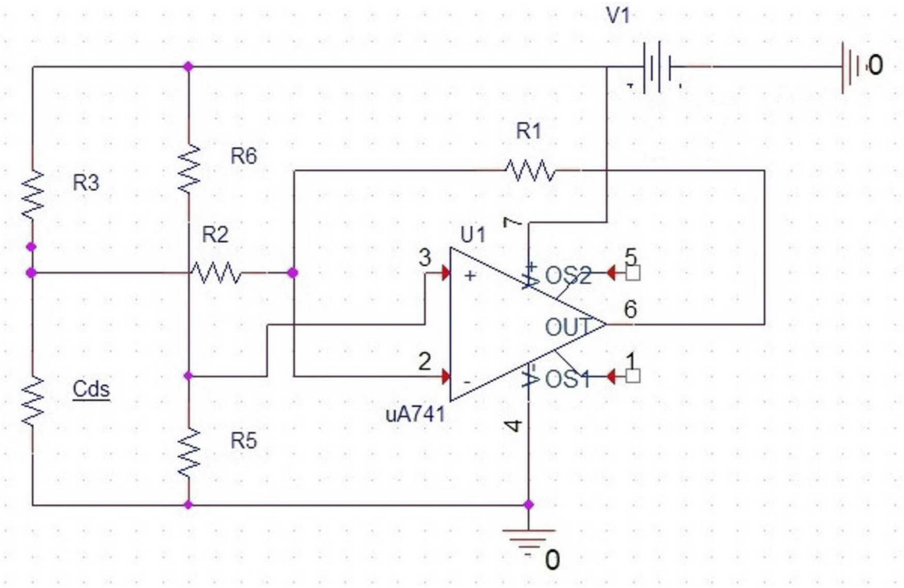


곡률 a 곡률 b

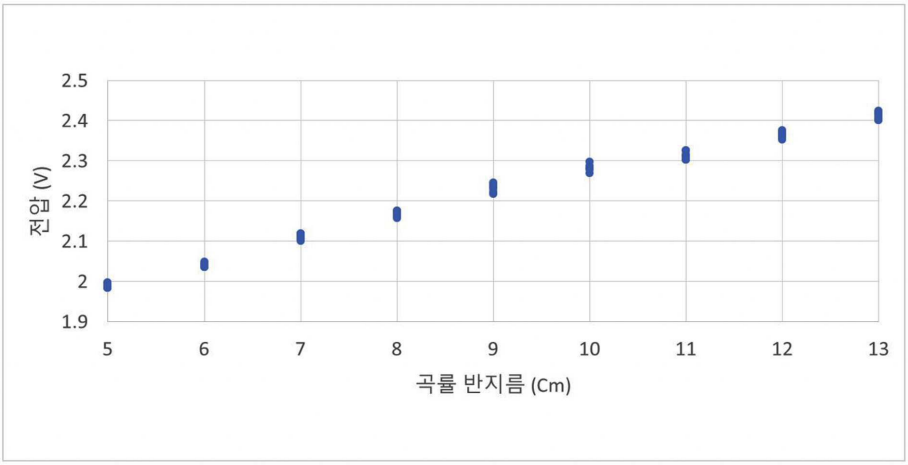
도면5



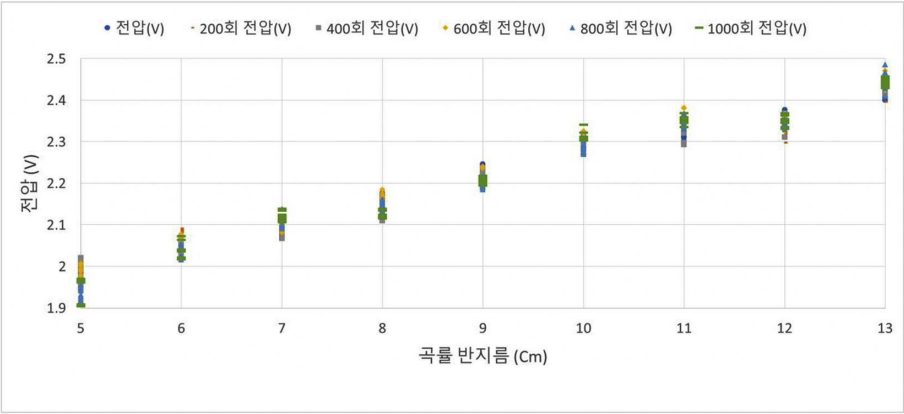
도면6


V1
0
R1
R6
R3
R2
U1
3
+
OS2
5
7
6
OUT
2
-
OS1
1
Cds
uA741
4
R5
0

도면7


2.5
2.4
2.3
2.2
2.1
2
1.9
전압 (V)
5
6
7
8
9
10
11
12
13
곡률 반지름 (Cm)

도면8


전압(V)
200회 전압(V)
400회 전압(V)
600회 전압(V)
800회 전압(V)
1000회 전압(V)
2.5
2.4
2.3
2.2
2.1
2
1.9
전압 (V)
5
6
7
8
9
10
11
12
13
곡률 반지름 (Cm)