



(19) 대한민국 지식재산청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2026년02월11일
(11) 등록번호 10-2925671
(24) 등록일자 2026년02월05일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G09B 23/30 (2006.01) A61B 5/00 (2021.01)
A61B 5/024 (2025.01) C08K 3/04 (2006.01)
C08L 83/04 (2006.01)
(52) CPC특허분류
G09B 23/303 (2013.01)
A61B 5/02416 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2022-0037487
(22) 출원일자 2022년03월25일
심사청구일자 2023년02월16일
(65) 공개번호 10-2023-0139170
(43) 공개일자 2023년10월05일
(56) 선행기술조사문헌
KR101531403 B1*
(뒷면에 계속)

(73) 특허권자
삼성전자주식회사
경기도 수원시 영통구 삼성로 129 (매탄동)
명지대학교 산학협력단
경기도 용인시 처인구 명지로 116 (남동, 명지대학교)
(72) 발명자
윤인호
경기도 수원시 영통구 삼성로 129
김도현
경기도 용인시 처인구 명지로 116
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
특허법인태평양

전체 청구항 수 : 총 5 항

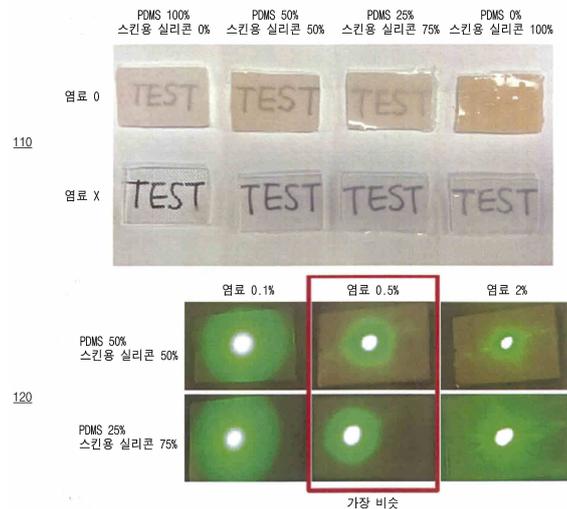
심사관 : 홍성철

(54) 발명의 명칭 웨어러블 장치의 심박 센서의 성능을 검증하기 위한 전자 장치 및 그의 동작 방법

(57) 요약

본 개시의 일 실시예에 따른 전자 장치는, 손목 모형, 상기 손목 모형에 연결된 압력 센서, 상기 압력 센서에 연결된 밸브, 및 상기 밸브 및 상기 압력 센서에 연결된 연동 펌프를 포함하며, 상기 손목 모형은, PDMS(PolyDiMethylSiloxane)와 실리콘을 배합하여 형성된 표피층 및 진피층, 상기 표피층과 상기 진피층 사이에 위치하는 모세 혈관 칩(chip)을 포함하는 피부 모형을 포함하고, 상기 연동 펌프는 색소를 배합하여 형성된 인공 혈액을 상기 모세 혈관 칩에 주입 및 배출되도록 순환시킬 수 있다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

A61B 5/681 (2013.01)
C08K 3/04 (2013.01)
C08L 83/04 (2013.01)
G01D 18/00 (2021.05)
G09B 23/306 (2013.01)

(72) 발명자

김영현

경기도 수원시 영통구 삼성로 129

카바 압디 머기사

경기도 용인시 처인구 명지로 116

윤정환

경기도 용인시 처인구 명지로 116

(56) 선행기술조사문헌

KR101871097 B1*
KR1020190077465 A*
KR1020200025893 A*
W02015146273 A1*

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

명세서

청구범위

청구항 1

전자 장치에 있어서,

PDMS(PolyDiMethylSiloxane)와 실리콘을 배합하여 형성된 표피층 및 진피층, 상기 표피층과 상기 진피층 사이에 위치하는 모세 혈관 칩(chip)을 포함하는 피부 모형을 포함하는 손목 모형;

상기 손목 모형에 연결된 압력 센서;

상기 압력 센서에 연결된 밸브; 및

상기 밸브 및 상기 압력 센서에 연결되며, 색소를 배합하여 형성된 인공 혈액을 상기 모세 혈관 칩에 주입 및 배출되도록 순환시키는 연동 펌프; 를 포함하며,

상기 표피층 및 상기 진피층을 형성하는 배합물은 상기 PDMS 및 상기 실리콘을 2:1 부터 1:5 사이의 비율로 다양한 배합 정도를 사용하여 형성되고,

상기 모세 혈관 칩은 몰드(mold)에 상기 배합물을 부어 형성되는 모세 혈관 채널층을 포함하며, 상기 모세 혈관 채널층은 주입구 및 배출구를 포함하고,

상기 압력 센서는 제1 압력 센서와 제2 압력 센서를 포함하며, 상기 제1 압력 센서는 튜브를 통하여 상기 주입구에 연결되고 상기 제2 압력 센서는 상기 튜브를 통하여 상기 배출구에 연결되고,

상기 밸브는 상기 제1 압력 센서에 연결되며, 상기 연동 펌프는 상기 밸브와 상기 제2 압력 센서에 연결되는, 전자 장치.

청구항 2

삭제

청구항 3

청구항 1에 있어서,

상기 배합물은 0.2% 이상 5.0% 이하 범위 내의 비율로 염료를 포함하는, 전자 장치.

청구항 4

청구항 3에 있어서,

상기 배합물은 0.00005% 이상 3.0% 이하의 비율로 탄소 가루를 포함하는, 전자 장치.

청구항 5

청구항 1에 있어서,

상기 표피층은 실제 피부 표면을 모사한 표면 패턴을 포함하는, 전자 장치.

청구항 6

청구항 1에 있어서,

상기 인공 혈액은 적색 색소와 황색 색소를 3:1에서 1:3 사이의 비율로 조합하여 형성되는, 전자 장치.

청구항 7

삭제

청구항 8

삭제

청구항 9

삭제

청구항 10

삭제

청구항 11

삭제

청구항 12

삭제

청구항 13

삭제

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 문서에서 개시되는 실시 예들은, 웨어러블 장치의 심박 센서의 성능을 검증하기 위한 전자 장치 및 그의 동작 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 웨어러블 장치(또는 액세서리 장치)(예: 스마트 워치, 블루투스 이어폰, 헤드 마운트 디스플레이 등)에는 사용자의 건강 지표들을 모니터링하기 위한 각종 센서가 탑재될 수 있다. 특히, PPG(photoplethysmography) 센서 중 하나인 심박 센서(heart rate sensor; HR sensor)는 심박수를 측정하는데 이용되며 운동 후 생리학적 상태뿐만 아니라 부정맥 등 질병의 예후도 관찰이 가능하여 헬스케어 기능을 위해 웨어러블 장치에 탑재되고 있다.

[0003] 웨어러블 장치에 탑재되는 심박 센서는 다양한 인체 특성(인종, 피부 색깔, 피부 조직 두께 등)의 차이와 무관하게 작동 가능해야 하며, 웨어러블 장치의 특성상 달리기, 요가, 스쿼트, 점프 등 다양한 움직임 조건에서도 안정적이고 반복적으로 신체정보를 측정할 있어야 한다. 또한 웨어러블 장치에 탑재되는 심박 센서는 웨어러블 장치의 내구 연한 동안 작동이 가능해야 한다.

[0004] 상기와 같은 심박 센서의 성능을 검증하기 위해서는 실제 인간을 대상으로 실험하는 것이 가장 정확하지만, 인종, 체중, 성별 등 다양한 실험 대상을 선정해야 하며 여러 운동 조건을 설정해서 인체 실험을 해야 하므로, 비용과 시간이 증가하고 안전 문제 및 생명윤리위원회 IRB(institutional review board)의 승인을 받아야하는 등 행정 절차 문제가 발생할 수 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0005] 종래에도 심박 센서의 성능을 검증하기 위한 장치들이 있었으나, 실제 피부와 실제 혈관의 구조와 스케일에서 많은 차이가 있고, 인공 손, 팔 등에 설치가 어려워 웨어러블 장치에 탑재된 센서의 검증이 쉽지 않다는 문제점이 있었다.

[0006] 또한 종래에도 실제 혈관을 더 가깝게 모사하고자 연성이 높은 PDMS(PolyDiMethylSi loxane)기반 혈관 칩에 대한 발명들이 있었으나, 이들은 외과 수술 시뮬레이터나, 혈류의 유체역학적 연구가 주 목적이어서, 혈액의 맥동에 의한 흡광도 변화를 구현하는 것을 고려하지 않은 문제점이 있었다.

[0007] 본 개시의 다양한 실시예는, 사람의 피부, 특히 시계형 웨어러블 장치가 착용되는 손목 상단부의 피부를 기계적, 광학적으로 모사할 수 있는 인공적인 손목 모델을 포함하는, 심박 센서의 성능 검증을 위한 전자 장치 및 그의 동작 방법을 제공하고자 한다.

[0008] 본 개시의 다양한 실시예는, 실제 사람의 손목 피부에 혈액이 흐르는 경우와 유사한 형태의 흡광도 및 광 방출 패턴이 구현된 인공 피부를 포함함으로써, 발광다이오드(photodiode)에서 조사된 빛이 맥동하는 혈액과 상호 작용하여 광검출기(photodetector)의 신호 변화를 야기하고, 이를 측정하고 분석해 심박 신호를 검출할 수 있도록 하는, 심박 센서의 성능 검증을 위한 전자 장치 및 그의 동작 방법을 제공하고자 한다.

과제의 해결 수단

[0009] 본 개시의 일 실시예에 따른 전자 장치는, 손목 모형, 상기 손목 모형에 연결된 압력 센서, 상기 압력 센서에 연결된 밸브, 및 상기 밸브 및 상기 압력 센서에 연결된 연동 펌프를 포함하며, 상기 손목 모형은, PDMS(PolyDiMethylSiloxane)와 실리콘을 배합하여 형성된 표피층 및 진피층, 상기 표피층과 상기 진피층 사이에 위치하는 모세 혈관 칩(chip)을 포함하는 피부 모형을 포함하고, 상기 연동 펌프는 색소를 배합하여 형성된 인공 혈액을 상기 모세 혈관 칩에 주입 및 배출되도록 순환시킬 수 있다.

발명의 효과

[0010] 본 개시의 다양한 실시예에 따른 전자 장치 및 그의 동작 방법에 따르면, 실제 사람의 손목과 유사한 흡광도를 구현한 인공 피부를 포함하는 성능 검증용 전자 장치를 통하여 실제 인체가 아닌 인공의 인체 모델을 통하여 웨어러블 장치에 탑재되는 심박 센서를 다양한 조건에서 검증할 수 있다.

[0011] 본 개시의 다양한 실시예에 따른 전자 장치 및 그의 동작 방법에 따르면, 실제 인간을 대상으로하는 성능 검증 실험에서 발생할 수 있는 안전 및 행정 문제들을 보완할 수 있으며, 시간 및 비용을 절감할 수 있고, 실제 인간을 대상으로 수행하기 힘든 장시간의 검증 실험도 가능할 수 있다. 또한, 인공 혈액을 사용하여 혈액의 응고나 부패, 변성 없이 사용할 수 있는 기간이 증가할 수 있다.

[0012] 이 외에, 본 문서를 통해 직접적 또는 간접적으로 파악되는 다양한 효과들이 제공될 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0013] 도 1은 일 실시예에 따른 인공 피부의 제작 방법에 있어서 재료의 배합 비율을 설명하기 위한 도면이다.
 - 도 2는 일 실시예에 따른 인공 피부의 제작 방법에 있어서 도 1의 배합물에 탄소 나노 입자(활성탄)를 첨가한 경우의 모습을 설명하기 위한 도면이다.
 - 도 3은 일 실시예에 따른 인공 피부의 제작 방법에 있어서 도 2의 배합물에 패턴을 입힌 모습을 설명하기 위한 도면이다.
 - 도 4는 일 실시예에 따른 인공 혈액의 제작 방법을 설명하기 위한 도면이다.
 - 도 5는 일 실시예에 따른 인공 모세 혈관 칩(chip)의 제작 방법을 설명하기 위한 도면이다.
 - 도 6은 일 실시예에 따른 모세 혈관 칩의 특성을 확인하기 위한 실험을 설명하기 위한 도면이다.
 - 도 7은 일 실시예에 따른 손목 모형을 나타낸 도면이다.
 - 도 8은 일 실시예에 따른 웨어러블 장치의 심박 센서의 성능을 검증하기 위한 전자 장치를 나타낸 도면이다.
 - 도 9는 일 실시예에 따른 전자 장치를 사용하여 웨어러블 장치에 탑재된 심박 센서의 성능을 검증한 예시를 나타낸 도면이다.
 - 도 10는 일 실시예에 따른 전자 장치에 포함된 운동 모사 장치를 설명하기 위한 도면이다.
- 도면의 설명과 관련하여, 동일 또는 유사한 구성요소에 대해서는 동일 또는 유사한 참조 부호가 사용될 수 있다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0014] 이하, 본 발명의 다양한 실시 예가 첨부된 도면을 참조하여 기재된다. 그러나, 이는 본 발명을 특정한 실시 형

태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 실시 예의 다양한 변경(modification), 균등물(equivalent), 및/또는 대체물(alternative)을 포함하는 것으로 이해되어야 한다.

- [0016] 이하, 도 1, 도 2 및 도 3을 참고하여, 일 실시예에 따른 전자 장치에 포함되는 손목 모형의 인공 피부의 구성 및 제작 방법에 대하여 설명한다.
- [0017] 도 1은 일 실시예에 따른 인공 피부의 제작 방법에 있어서 재료의 배합 비율을 설명하기 위한 도면이다.
- [0018] 도 1을 참조하면, 일 실시예에 따라, 인공 피부는 연성 탄성중합체인 투명한 PDMS(PolyDiMethylSiloxane)와 사람 또는 동물의 피부와 같은 질감 구현에 사용되는 흰색의 스킨 용 실리콘(예: dragon skin™)을 배합하고 염료를 첨가하여 살색으로 제작될 수 있다.
- [0019] 도 1의 제1 결과(110)를 참조하면, PDMS와 스킨 용 실리콘의 배합 비율이 대략 100%:0%, 50%:50%, 25%:75%, 0%:100%인 경우의 인공 피부의 투명도를 확인할 수 있으며, 각 배합 비율에서의 염료 첨가 유무에 따른 인공 피부의 투명도를 확인할 수 있다.
- [0020] PDMS와 스킨 용 실리콘의 배합 비율이 대략 50%:50% 또는 25%:75%일 때, 즉, 1:1 또는 1:3 조합에서, 인공 피부의 영률(Young's modulus)이 사람의 피부와 유사한 0.42~0.85 MPa 탄성 계수를 가짐을 확인할 수 있었다.
- [0021] 또한, PDMS와 스킨 용 실리콘의 배합에 염료를 첨가한 경우에 배합물의 투명도가 개선됨을 확인할 수 있었다.
- [0022] 도 1의 제2 결과(120)를 참조하면, PDMS와 스킨 용 실리콘의 배합물에 첨가된 염료의 비율에 따른 인공 피부의 산란 패턴을 확인할 수 있다. 제2 결과(120)는 PDMS와 스킨 용 실리콘이 50%:50%(1:1), 25%:75%(1:3) 비율로 배합된 각각의 배합물에 염료를 약 0.1%, 0.5%, 2%의 비율로 첨가하여 제작된 인공 피부의 녹색광에 대한 산란 패턴을 측정할 결과이다.
- [0023] 도 1의 제2 결과(120)를 참조하면, 염료가 약 0.5%의 비율로 첨가되었을 때, 인공 피부의 녹색광에 대한 산란 패턴이 실제 피부의 산란 패턴과 가장 유사함을 확인할 수 있었다. 염료가 약 0.5%의 비율로 첨가되는 것은 일 예시에 해당하며, 실시예에 따라 0.2% 이상 5% 이하 범위 내의 비율로 첨가될 수 있다.
- [0024] 일 실시예에 따라, PDMS:스킨 용 실리콘=25%:75%(1:3) 배합물보다 강한 접착력을 가지는 PDMS:스킨 용 실리콘=50%:50%(1:1) 배합물(이하, 배합물 X)을 사용할 수 있으며, 배합물 A에 염료가 약 0.2% 이상 5% 이하 로 첨가된 배합물(이하, 배합물 Y)가 인공 피부 제작에 사용될 수 있다.
- [0025] 도 2는 일 실시예에 따른 인공 피부의 제작 방법에 있어서 도 1의 배합물에 탄소 나노 입자(활성탄)를 첨가한 경우의 모습을 설명하기 위한 도면이다.
- [0026] 도 2의 제1 결과(210)는 배합물을 일반 카메라로 촬영한 모습을 나타낼 수 있고, 제2 결과(220)는 배합물을 현미경으로 촬영한 모습을 나타낼 수 있다. 도 2의 A)는 배합물 X에 탄소 가루를 첨가하지 않은 경우, B)는 배합물 X에 탄소 가루를 첨가한 경우, C)는 배합물 Y에 탄소 가루를 첨가하지 않은 경우, D)는 배합물 Y에 탄소 가루를 첨가한 경우의 모습일 수 있다.
- [0027] 도 2를 참조하면, 배합물 Y(염료 농도 약 0.5%)에 탄소 가루 농도가 0.0001%일 때(도 2의 D)), 이하 배합물 Z), 실제 피부의 멜라닌 색소의 사진과 가장 유사한 것을 확인할 수 있었다. 탄소 가루 농도가 0.0001%로 첨가되는 것은 일 예시에 해당하며, 실시예에 따라 0.0005% 이상 3% 이하의 농도로 첨가될 수 있다.
- [0028] 일 실시예에 따라, 멜라닌 색소의 역할을 하는 탄소나노입자를 첨가하여 멜라닌 색소와 유사한 광학적 특성 모사한 배합물 Z가 인공 피부의 제작에 사용될 수 있다.
- [0029] 도 3은 일 실시예에 따른 인공 피부의 제작 방법에 있어서 도 2의 배합물 Z에 패턴을 입힌 모습을 설명하기 위한 도면이다.
- [0030] 도 3의 A)는 배합물 Z의 녹색광에 대한 반사 특성을 확인한 결과이며, B)는 배합물 Z의 표면에 실제 피부와 비슷한 표면 패턴을 입힌 경우의 녹색광에 대한 반사 특성을 확인한 결과이다.
- [0031] 일 실시예에 따라, 배합물 Z의 표면 패턴은, 실제 피부와 비슷한 표면 패턴의 몰드(mold)에 배합물 Z를 부어서 구현될 수 있으며, 몰드는 플라스틱을 반도체 공정 또는 레이저 정밀 가공(예: 펨토초 레이저(femtosecond laser)) 등의 다양한 방법으로 공정하여 제작할 수 있다. 이때, 패턴의 깊이나 굴곡은 랜덤으로 등으로 제작할 수 있다.
- [0032] 도 3을 참조하면, 배합물 Z에 표면 패턴을 구현한 B)경우가 실제 피부의 반사 특성과 유사함을 확인할 수 있다.

또한, B)경우 실제 피부 표면과 비슷한 마찰력을 가져 웨어러블 장치가 인공 피부에 흡착되는 현상을 방지할 수 있었다.

- [0034] 이하, 도 4를 참고하여, 일 실시예에 따른 전자 장치에 포함되는 손목 모형의 인공 혈액의 구성 및 제작 방법에 대하여 설명한다.
- [0035] 도 4는 일 실시예에 따른 인공 혈액의 제작 방법을 설명하기 위한 도면이다.
- [0036] 일 실시예에 따라 인공 혈액은 염색용 색소를 조합하여 산소가 포화된 실제 혈액과 유사한 분광 특성을 갖도록 제작될 수 있다. 일 실시예에 따라 적색 색소와 황색 색소를 2:3의 비율로 조합하여 제작할 수 있으며, 제작 시 인공 혈액을 배합물 Z에 장기간 접촉하여도 침전이 되지 않음을 확인할 수 있다. 일 실시예에 따라 적색 색소와 황색 색소를 3:1에서 1:3 사이의 비율로 조합하여 제작할 수 있다.
- [0037] 도 4의 제1 결과(410)은 색소를 조합하여 형성한 인공 혈액과 산소 포화된 실제 혈액의 흡광 스펙트럼을 비교한 결과일 수 있다. 제1 결과(410)의 제1 그래프(411)은 적색 색소와 황색 색소를 3:1에서 1:3 사이의 비율로 조합하여 제작한 인공 혈액의 흡광 스펙트럼 그래프일 수 있으며, 제2 그래프(412)는 산소가 포화된 실제 혈액의 흡광 스펙트럼 그래프일 수 있다.
- [0038] 도 4의 제1 결과(410)를 참조하면, 적색 색소와 황색 색소를 2:3의 비율로 조합하여 제작한 인공 혈액의 흡광 스펙트럼이 400-600(nm)의 파장에서 산소가 포화된 실제 혈액의 흡광 스펙트럼과 유사함을 확인할 수 있다.
- [0039] 도 4의 제2 결과(420)은 인공 혈액에 첨가된 글리세롤(glycerol) 농도에 따른 점도를 나타낸 그래프일 수 있다. 적색 색소와 황색 색소를 약 2:3의 비율로 조합하여 제작한 인공 혈액에 글리세롤을 첨가하여 실제 혈액과 유사한 점도를 구현할 수 있다.
- [0040] 도 4의 제2 결과(420)를 참조하면, 적색 색소와 황색 색소를 2:3의 비율로 조합하여 제작한 인공 혈액에 글리세롤 농도가 40%가 되도록 글리세롤을 첨가한 경우, 실제 혈액의 점도인 3.5 ~ 5.5 cP, 보다 구체적으로는 2.0 ~ 10.0 cP의 범위 내의 약 4.3 cP의 점도를 가짐을 확인할 수 있다.
- [0042] 이하, 도 5 및 도 6을 참고하여, 일 실시예에 따른 전자 장치에 포함되는 손목 모형의 인공 모세혈관 칩의 구성 및 제작 방법에 대하여 설명한다.
- [0043] 도 5는 일 실시예에 따른 인공 모세 혈관 칩(chip)의 제작 방법을 설명하기 위한 도면이다.
- [0044] 도 5의 제1 도면(510)은 자연계의 혈관이나 모세관의 분기(branching) 법칙인 머레이법칙(Murray' s Law)을 따라서 모세 혈관 채널을 설계한 설계도를 나타낸 것일 수 있다. 제1 도면(510)의 수치는 일 예시일 뿐이며 오차 범위 내에서 변경가능할 수 있다. 도 5의 제2 도면(520)은 제작된 모세 혈관 칩의 실제 모습을 촬영한 사진일 수 있다. 도 3의 제3 도면(530)은 인공 손목 모형(531)에 고정된 인공 모세 혈관 칩(532)과 그 위에 웨어러블 장치(533)가 착용된 모습을 촬영한 사진일 수 있다.
- [0045] 일 실시예에 따라 모세 혈관 채널 설계도에 대응하는 몰드(예: SU-8몰드)를 반도체 공정을 이용하여 제작하고, 몰드 위에 배합물 Z를 부어 모세 혈관 채널을 형성할 수 있다. 일 실시예에 따라 모세 혈관 칩은 상부층, 모세 혈관 채널, 하부층이 순서대로 적층된 약 200um(마이크로 미터)의 두께의 칩으로 형성될 수 있다. 상부층 및 하부층은 배합물 Z로 형성된, 진피 층을 모사한 인공 피부층일 수 있다.
- [0046] 일 실시예에 따라 모세 혈관 칩의 주입구(inlet)(521) 및 배출구(outlet)(522)에 편치로 구멍을 뚫고 튜브를 연결한 뒤 실리콘 접착제로 고정하여 누수 없이 인공 혈액을 주입할 수 있다. 일 실시예에 따라 튜브는 테플론 튜브(teflon tube)일 수 있다. 일 실시예에 따라 모세 혈관 칩은 제작시 인공 혈액의 유량이 약 10-48 ml/min일 때 누수 없이 순환이 가능함을 확인할 수 있다.
- [0047] 일 실시예에 따라 제3 도면(530)을 참조하면, 형성된 인공 모세 혈관 칩(532)은 연성이 높아 단면적이 타원인 인공 손목 모형(531)에도 설치가 가능함을 확인할 수 있다.
- [0048] 도 6은 일 실시예에 따른 모세 혈관 칩의 특성을 확인하기 위한 실험을 설명하기 위한 도면이다.
- [0049] 도 6의 제1 도면(610)은 모세 혈관 채널의 팽창도에 따른 빛의 흡수율을 실험하기 위한 실험을 나타낸 것일 수 있다. 일 실시예에 따라 모세 혈관 채널(611)은 측정을 위해 글라스 슬라이드(glass slide)(512) 상에 배치될 수 있으며, 주입구(613)를 통해 인공 혈액이 주입되고 배출구(514)를 통해 배출될 수 있다. 모세 혈관 채널(611)의 두께는 약 100um일 수 있고, 실험을 위해 계단식으로 약 7um씩 두꺼워지는 형태로 제작될 수 있다. 계

단식 모세 혈관 채널은 다른 두께를 갖는 위치마다 팽창율이 상이할 수 있으며, 팽창율에 따라 빛의 흡수율이 달라짐을 확인할 수 있었다.

- [0050] 도 6의 제2 도면(620)은 인공 혈액의 유량(flow rate)에 따른 모세 혈관 채널의 팽창도(expansion)를 측정된 결과를 나타낸 것일 수 있다. 모세 혈관 채널에 주입되는 유량이 증가함에 따라 모세 혈관 채널의 팽창도가 증가함을 확인할 수 있었다.
- [0052] 이하, 도 7을 참고하여, 일 실시예에 따른 전자 장치에 포함되는 손목 모형의 구성 및 제작 방법에 대하여 설명한다.
- [0053] 도 7은 일 실시예에 따른 손목 모형을 나타낸 도면이다.
- [0054] 도 7을 참조하면, 도 7의 제1 도면(710)은 일 실시예에 따른 손목 모형의 측면도를 나타낼 수 있고, 제2 도면(720)은 단면도를 나타낼 수 있다. 손목 모형은 사람의 실제 손목을 모사한 몸체(711)와 몸체(711)의 손목 부분에 위치하는 피부 모형(712)을 포함할 수 있다. 피부 모형(712)은 웨어러블 장치(713)가 접촉되는 부위일 수 있다.
- [0055] 일 실시예에 따른 피부 모형(712)은 실제 사람 피부(10)의 표피층(1)에 대응하는 제1 층(721), 모세 혈관을 포함하는 진피층(2)에 대응하는 제2 층(722), 피하 조직(4) 위에 위치하는 진피층(3)에 대응하는 제3 층(723)을 포함할 수 있다.
- [0056] 일 실시예에 따라 제1 층(721)은 배합물 Z에 사람 피부 표면을 묘사한 표면 패턴을 구현하여 형성될 수 있다. 일 실시예에 따라 제2 층(722)은 앞서 도 5 및 도 6을 참조하여 설명한 모세 혈관 칩으로 형성될 수 있다. 일 실시예에 따라 제3 층(723)은 배합물 Z로 형성될 수 있다. 일 실시예에 따라 제1 층(721)은 약 400um, 제2 층(722)은 약 200um, 제3 층(723)은 약 1400um 두께로 형성될 수 있다. 일 실시예에 따라 피부 모형(712)의 두께는 일 예시일 뿐이며, 실시예에 따라 변경 가능할 수 있다.
- [0057] 일 실시예에 따라 피부 모형(712)은 녹색광에 대하여 실제 사람 피부의 흡광도 범위인 $0.2 \sim 1.5 \text{ mm}^{-1}$ 범위 안에 들어가는 흡광도를 가질 수 있다.
- [0059] 이하, 도 8, 도 9, 및 도 10을 참고하여, 일 실시예에 따른 웨어러블 장치의 심박 센서의 성능을 검증하기 위한 전자 장치에 대하여 설명한다.
- [0060] 도 8은 일 실시예에 따른 웨어러블 장치의 심박 센서의 성능을 검증하기 위한 전자 장치를 나타낸 도면이다.
- [0061] 도 8을 참조하면, 일 실시예에 따른 전자 장치(810)는 손목 모형(811), 압력 센서(812), 밸브(813), 및 연동 펌프(peristaltic pump)(814)를 포함할 수 있다.
- [0062] 일 실시예에 따라 손목 모형(811)은 도 7을 참조하여 상술한 피부 모형을 포함할 수 있다. 일 실시예에 따라 연동 펌프(814)는 도 4를 참조하여 상술한 인공 혈액을 손목 모형(811)의 모세 혈관 칩에 주입하고 이를 순환시킬 수 있다. 일 실시예에 따라 연동 펌프(814)는 실제 혈액의 주기적인 맥동을 모사하여 인공 혈액을 손목 모형(811)의 모세 혈관 칩에 주입할 수 있다. 일 실시예에 따라 연동 펌프(814)는 약 300bpm(약 5Hz)이하, 보다 구체적으로는 40~180 bpm(또는 약 1~3Hz)의 인공 혈액의 맥동을 발생시킬 수 있다.
- [0063] 일 실시예에 따라 압력 센서(812)는 손목 모형(811)의 모세 혈관 칩의 주입구의 압력을 모니터링 할 수 있는 제1 압력 센서 및 배출구의 압력을 모니터링 할 수 있는 제2 압력 센서를 포함할 수 있다. 일 실시예에 따라 밸브(813)는 압력(혈압)을 조절하는 역할을 할 수 있다.
- [0064] 일 실시예에 따라 웨어러블 장치(820)를 손목 모형(811) 위에 배치하여, 전자 장치(810)를 통하여 웨어러블 장치(820)에 탑재된 심박 센서의 성능을 검증할 수 있다. 전자 장치(810)를 통하여 측정된 데이터는 전자 장치(810)와 연결된 전산 장치(830)를 통하여 기록될 수 있다. 전자 장치(830)는 연동 펌프(814)의 압력을 컨트롤 하거나, 심박을 모사하는 맥동의 주기, 강도를 조절할 수 있다.
- [0065] 도 9는 일 실시예에 따른 전자 장치를 사용하여 웨어러블 장치에 탑재된 심박 센서의 성능을 검증한 예시를 나타낸 도면이다.
- [0066] 도 8 및 도 9를 참조하면, 전자 장치(810)의 연동 펌프(814)를 180bpm으로 동작하였을 때, 도 9의 제1 도면(910)은 웨어러블 장치(820)의 디스플레이 화면으로 제공되는 측정된 심박수의 예시를 보여주고 있으며, 제2 도면(920)은 웨어러블 장치(820)에 탑재된 심박 센서를 통하여 획득된 전기적 신호 데이터의 예시이다.

- [0067] 전자 장치(810)의 연동 펌프(814)를 180bpm으로 동작하였을 때, 도 9의 제1 도면(910)을 참조하면, 웨어러블 장치(820)의 디스플레이 화면으로 제공되는 측정된 심박수도 180bpm을 나타냄을 확인할 수 있고, 도 9의 제2 도면(920)을 참조하면, 웨어러블 장치(820)에 탑재된 심박 센서를 통하여 획득된 전기적 신호 데이터에서 AC% 신호 값(DC신호 대비 AC신호의 % 값)이 30.4를 나타내어 전자 장치(810)가 실제 인체에 웨어러블 장치(820)를 착용하여 검증한 것과 유사한 결과를 도출함을 확인할 수 있다.
- [0068] 또한, 전자 장치(810)는 인공 혈액의 유량과 모세 혈관 칩의 압력에 따른 폭 넓은 AC% 신호 값의 구현이 가능하여 다양한 심박 센서의 검증 조건에서 활용이 가능함을 확인할 수 있었다.
- [0069] 일 실시예에 따라 전자 장치(810)은 운동 모사 장치(815)를 더 포함할 수 있다.
- [0070] 도 10는 일 실시예에 따른 전자 장치에 포함된 운동 모사 장치를 설명하기 위한 도면이다.
- [0071] 도 10의 제1 도면(1010)은 손목 모형(1011)에 바(bar)(1013)를 연결한 설계도를 나타낼 수 있으며, 제2 도면(1020)은 설계도를 구현한 실제 모습을 촬영한 사진일 수 있다. 손목 모형(1011)은 모세 혈관 칩을 내장하기 위한 슬롯(1012)를 포함할 수 있다.
- [0072] 도 10의 제3 도면(1030)은 손목 모형(1011)에 설치가 용의한 폭이 좁은 모세 혈관 칩을 촬영한 사진일 수 있으며, 제4 도면(1040)은 손목 모형(1011)에 모세 혈관 칩이 내장된 모습을 촬영한 사진일 수 있다. 도 10의 제5 도면(1050)은 손목 모델을 운동 모사 장치(815)에 고정하여 움직임에 가하는 모습을 촬영한 사진일 수 있다.
- [0073] 운동 모사 장치(815)는 사람의 걷는 모습과 유사한 운동을 모사할 수 있는 스윙어 (swinger), 손목 모델을 운동 상태로 가정한 움직임을 가할 수 있는 스테이지, 로봇팔, 가진기 등 중 적어도 어느 하나일 수 있다.
- [0074] 다시 도 8을 참조하면, 일 실시예에 따라 손목 모형(811)을 운동 모사 장치(815)에 연결하여 주기적인 모션을 가함으로써, 전자 장치(810)을 통하여, 실제 사람의 운동 중에 웨어러블 장치(820)의 성능을 검증하는 것과 같은 검증을 수행할 수 있다.
- [0076] 본 개시의 일 실시예에 따르면, 웨어러블 장치의 심박 센서의 성능을 검증하기 위한 전자 장치는, 실제 인간의 피부와 유사한 기계적 성질(탄성, 연성)을 갖도록 PDMS, 스킨 용 실리콘 등의 탄성중합체(elastomer)를 배합하여 형성되며, 실제 인간의 피부와 유사한 광학적 성질(흡광, 산란)을 갖도록 표면 패턴, 염료, 탄소 나노 입자 등이 포함된 피부 모형을 포함할 수 있다.
- [0077] 본 개시의 일 실시예에 따르면, 웨어러블 장치의 심박 센서의 성능을 검증하기 위한 전자 장치는, 실제 혈액과 유사한 기계적(점도), 광학적(흡광도) 특성을 가지는 인공 혈액을 포함하여 시간이 지나면 변질되는 혈액과는 달리 반 영구적으로 사용할 수 있다.
- [0078] 본 개시의 일 실시예에 따르면, 웨어러블 장치의 심박 센서의 성능을 검증하기 위한 전자 장치는, 실제 사람의 심장의 맥동과 유사한 유량과 압력을 생성할 수 있는 연동 펌프를 포함하며, 걷기, 뛰기 등 사람의 움직임을 모사 가능한 운동 모사 장치를 포함하여, 사람의 활동을 고려한 상황에서 심박 센서를 검증할 수 있다.
- [0080] 본 문서에 개시된 다양한 실시예들에 따른 전자 장치는 다양한 형태의 장치가 될 수 있다. 전자 장치는, 예를 들면, 휴대용 통신 장치(예: 스마트폰), 컴퓨터 장치, 휴대용 멀티미디어 장치, 휴대용 의료 기기, 카메라, 웨어러블 장치, 또는 가전 장치를 포함할 수 있다. 본 문서의 실시예에 따른 전자 장치는 전술한 기기들에 한정되지 않는다.
- [0081] 본 문서의 다양한 실시예들 및 이에 사용된 용어들은 본 문서에 기재된 기술적 특징들을 특정한 실시예들로 한정하려는 것이 아니며, 해당 실시예의 다양한 변경, 균등물, 또는 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다. 도면의 설명과 관련하여, 유사한 또는 관련된 구성요소에 대해서는 유사한 참조 부호가 사용될 수 있다. 아이템에 대응하는 명사의 단수 형은 관련된 문맥상 명백하게 다르게 지시하지 않는 한, 상기 아이템 한 개 또는 복수 개를 포함할 수 있다. 본 문서에서, "A 또는 B", "A 및 B 중 적어도 하나", "A 또는 B 중 적어도 하나", "A, B 또는 C", "A, B 및 C 중 적어도 하나", 및 "A, B, 또는 C 중 적어도 하나"와 같은 문구들 각각은 그 문구들 중 해당하는 문구에 함께 나열된 항목들 중 어느 하나, 또는 그들의 모든 가능한 조합을 포함할 수 있다. "제 1", "제 2", 또는 "첫째" 또는 "둘째"와 같은 용어들은 단순히 해당 구성요소를 다른 해당 구성요소와 구분하기 위해 사용될 수 있으며, 해당 구성요소들을 다른 측면(예: 중요성 또는 순서)에서 한정하지 않는다. 어떤(예: 제 1) 구성요소가 다른(예: 제 2) 구성요소에, "기능적으로" 또는 "통신적으로"라는 용어와 함께 또는 이런 용어 없이, "커플드" 또는 "커넥티드"라고 언급된 경우, 그것은 상기 어떤 구성요소가 상기 다른 구성요소에 직접적

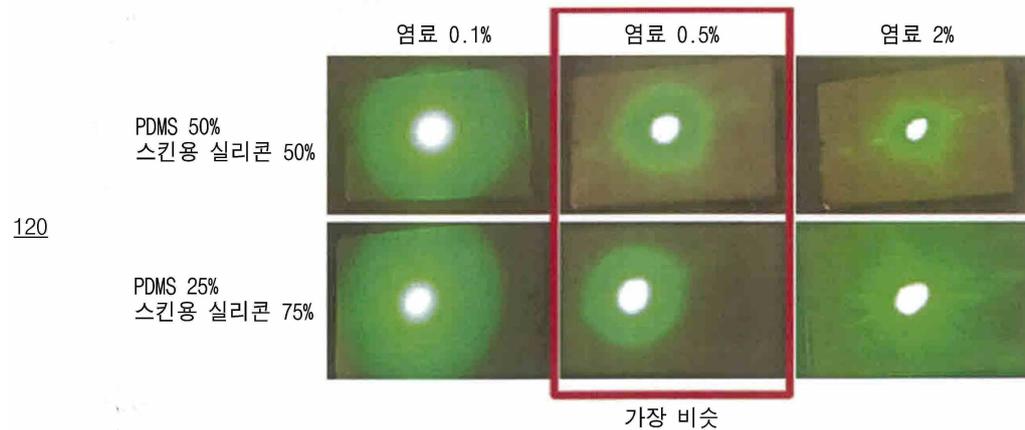
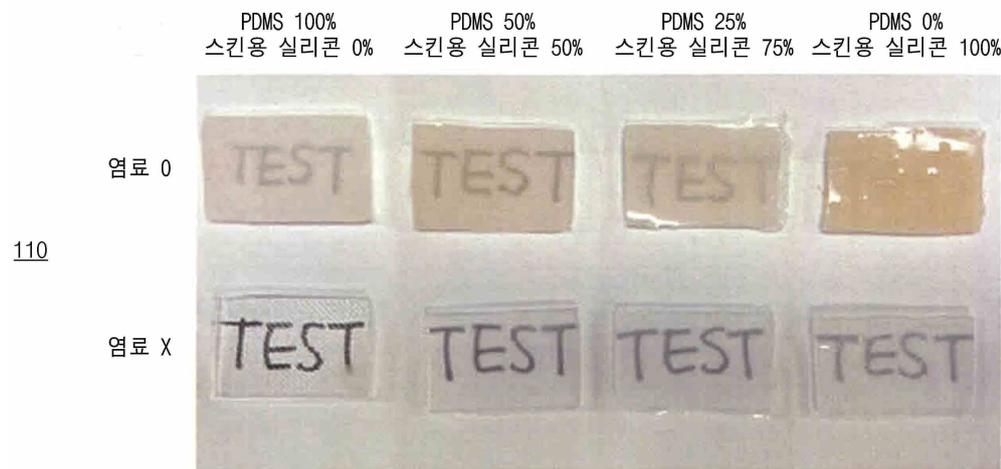
으로(예: 유선으로), 무선으로, 또는 제 3 구성요소를 통하여 연결될 수 있다는 것을 의미한다.

- [0082] 본 문서의 다양한 실시예들에서 사용된 용어 "모듈"은 하드웨어, 소프트웨어 또는 펌웨어로 구현된 유닛을 포함할 수 있으며, 예를 들면, 로직, 논리 블록, 부품, 또는 회로와 같은 용어와 상호 호환적으로 사용될 수 있다. 모듈은, 일체로 구성된 부품 또는 하나 또는 그 이상의 기능을 수행하는, 상기 부품의 최소 단위 또는 그 일부가 될 수 있다. 예를 들면, 일실시예에 따르면, 모듈은 ASIC(application-specific integrated circuit)의 형태로 구현될 수 있다.
- [0083] 본 문서의 다양한 실시예들은 기기(machine)(예: 전자 장치(101)) 의해 읽을 수 있는 저장 매체(storage medium)(예: 내장 메모리(136) 또는 외장 메모리(138))에 저장된 하나 이상의 명령어들을 포함하는 소프트웨어(예: 프로그램(140))로서 구현될 수 있다. 예를 들면, 기기(예: 전자 장치(101))의 프로세서(예: 프로세서(120))는, 저장 매체로부터 저장된 하나 이상의 명령어들 중 적어도 하나의 명령을 호출하고, 그것을 실행할 수 있다. 이것은 기기가 상기 호출된 적어도 하나의 명령어에 따라 적어도 하나의 기능을 수행하도록 운영되는 것을 가능하게 한다. 상기 하나 이상의 명령어들은 컴파일러에 의해 생성된 코드 또는 인터프리터에 의해 실행될 수 있는 코드를 포함할 수 있다. 기기로 읽을 수 있는 저장 매체는, 비일시적(non-transitory) 저장 매체의 형태로 제공될 수 있다. 여기서, '비일시적'은 저장 매체가 실재(tangible)하는 장치이고, 신호(signal)(예: 전자기파)를 포함하지 않는다는 것을 의미할 뿐이며, 이 용어는 데이터가 저장 매체에 반영구적으로 저장되는 경우와 임시적으로 저장되는 경우를 구분하지 않는다.
- [0084] 일실시예에 따르면, 본 문서에 개시된 다양한 실시예들에 따른 방법은 컴퓨터 프로그램 제품(computer program product)에 포함되어 제공될 수 있다. 컴퓨터 프로그램 제품은 상품으로서 판매자 및 구매자 간에 거래될 수 있다. 컴퓨터 프로그램 제품은 기기로 읽을 수 있는 저장 매체(예: compact disc read only memory(CD-ROM))의 형태로 배포되거나, 또는 어플리케이션 스토어(예: 플레이 스토어™)를 통해 또는 두 개의 사용자 장치들(예: 스마트 폰들) 간에 직접, 온라인으로 배포(예: 다운로드 또는 업로드)될 수 있다. 온라인 배포의 경우에, 컴퓨터 프로그램 제품의 적어도 일부는 제조사의 서버, 어플리케이션 스토어의 서버, 또는 중계 서버의 메모리와 같은 기기로 읽을 수 있는 저장 매체에 적어도 일시 저장되거나, 임시적으로 생성될 수 있다.
- [0085] 다양한 실시예들에 따르면, 상기 기술한 구성요소들의 각각의 구성요소(예: 모듈 또는 프로그램)는 단수 또는 복수의 개체를 포함할 수 있으며, 복수의 개체 중 일부는 다른 구성요소에 분리 배치될 수도 있다. 다양한 실시예들에 따르면, 전술한 해당 구성요소들 중 하나 이상의 구성요소들 또는 동작들이 생략되거나, 또는 하나 이상의 다른 구성요소들 또는 동작들이 추가될 수 있다. 대체적으로 또는 추가적으로, 복수의 구성요소들(예: 모듈 또는 프로그램)은 하나의 구성요소로 통합될 수 있다. 이런 경우, 통합된 구성요소는 상기 복수의 구성요소들 각각의 구성요소의 하나 이상의 기능들을 상기 통합 이전에 상기 복수의 구성요소들 중 해당 구성요소에 의해 수행되는 것과 동일 또는 유사하게 수행할 수 있다. 다양한 실시예들에 따르면, 모듈, 프로그램 또는 다른 구성요소에 의해 수행되는 동작들은 순차적으로, 병렬적으로, 반복적으로, 또는 휴리스틱하게 실행되거나, 상기 동작들 중 하나 이상이 다른 순서로 실행되거나, 생략되거나, 또는 하나 이상의 다른 동작들이 추가될 수 있다.
- [0087] 본 개시의 일 실시예에 따른 전자 장치는, 손목 모형, 상기 손목 모형에 연결된 압력 센서, 상기 압력 센서에 연결된 밸브, 및 상기 밸브 및 상기 압력 센서에 연결된 연동 펌프를 포함하며, 상기 손목 모형은, PDMS(PolyDiMethylSiloxane)와 실리콘을 배합하여 형성된 표피층 및 진피층, 상기 표피층과 상기 진피층 사이에 위치하는 모세 혈관 칩(chip)을 포함하는 피부 모형을 포함하고, 상기 연동 펌프는 색소를 배합하여 형성된 인공 혈액을 상기 모세 혈관 칩에 주입 및 배출되도록 순환시킬 수 있다.
- [0088] 본 개시의 일 실시예에 따르면, 상기 표피층 및 상기 진피층은 상기 PDMS 및 상기 실리콘을 2:1 부터 1:5 사이의 비율로 다양한 배합 정도를 사용하여 형성될 수 있다.
- [0089] 본 개시의 일 실시예에 따르면, 상기 배합물은 0.2% 이상 5.0% 이하 범위 내의 비율로 염료를 포함할 수 있다.
- [0090] 본 개시의 일 실시예에 따르면, 상기 배합물은 0.00005% 이상 3.0% 이하의 비율로 탄소 가루를 포함할 수 있다.
- [0091] 본 개시의 일 실시예에 따르면, 상기 표피층은 실제 피부 표면을 모사한 표면 패턴을 포함할 수 있다.
- [0092] 본 개시의 일 실시예에 따르면, 상기 인공 혈액은 적색 색소와 황색 색소를 3:1에서 1:3 사이의 비율로 조합하여 형성될 수 있다.
- [0093] 본 개시의 일 실시예에 따르면, 상기 모세 혈관 칩은 몰드(mold)에 상기 배합물을 부어 형성되는 모세 혈관 채널층을 포함하며, 상기 모세 혈관 채널층은 주입구 및 배출구를 포함할 수 있다.

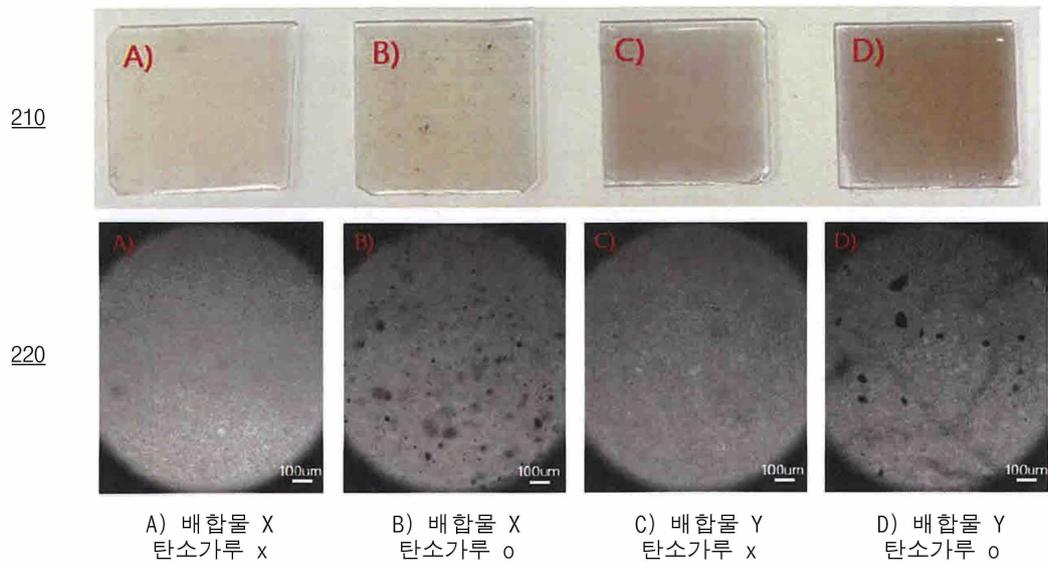
- [0094] 본 개시의 일 실시예에 따르면, 상기 압력 센서는 제1 압력 센서와 제2 압력 센서를 포함하며, 상기 제1 압력 센서는 튜브를 통하여 상기 주입구에 연결되고 상기 제2 압력 센서는 상기 튜브를 통하여 상기 배출구에 연결될 수 있다.
- [0095] 본 개시의 일 실시예에 따르면, 상기 밸브는 상기 제1 압력 센서에 연결될 수 있다.
- [0096] 본 개시의 일 실시예에 따르면, 상기 연동 펌프는 상기 밸브와 상기 제2 압력 센서에 연결될 수 있다.
- [0097] 본 개시의 일 실시예에 따르면, 상기 연동 펌프는 300bpm(약 5Hz)이하로 상기 인공 혈액을 상기 모세 혈관 칩에 주입할 수 있다.
- [0098] 본 개시의 일 실시예에 따르면, 상기 전자 장치는 운동 모사 장치를 포함할 수 있다.
- [0099] 본 개시의 일 실시예에 따르면, 상기 운동 모사 장치는 사람의 걷는 모습과 유사한 운동을 모사하는 전자 장치를 포함할 수 있다.

도면

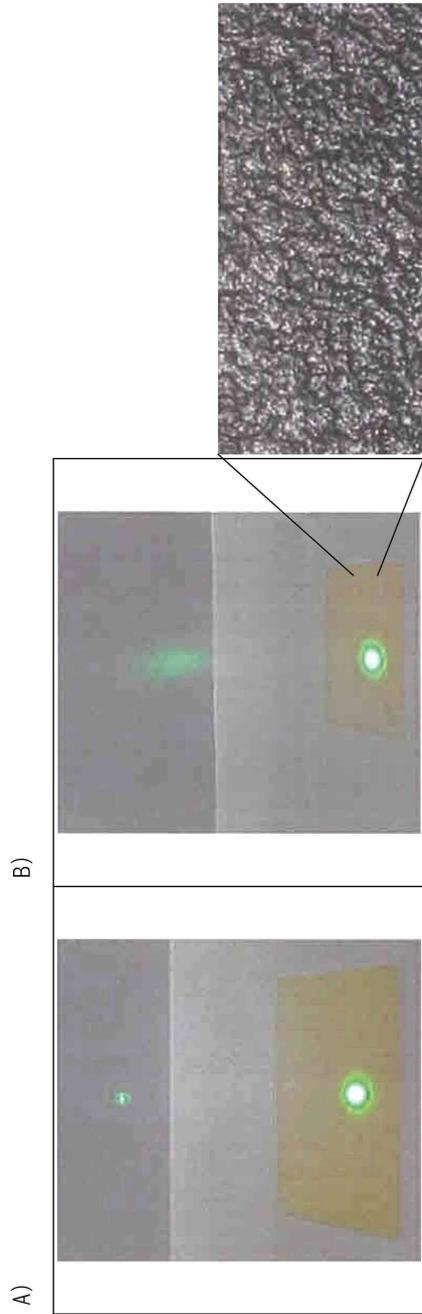
도면1



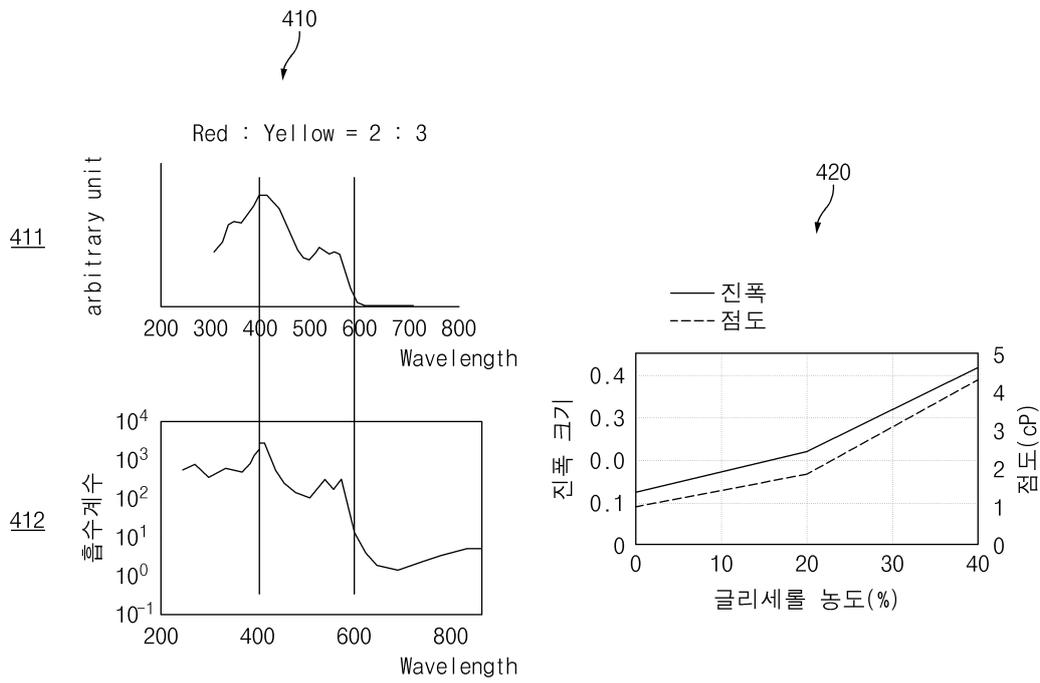
도면2



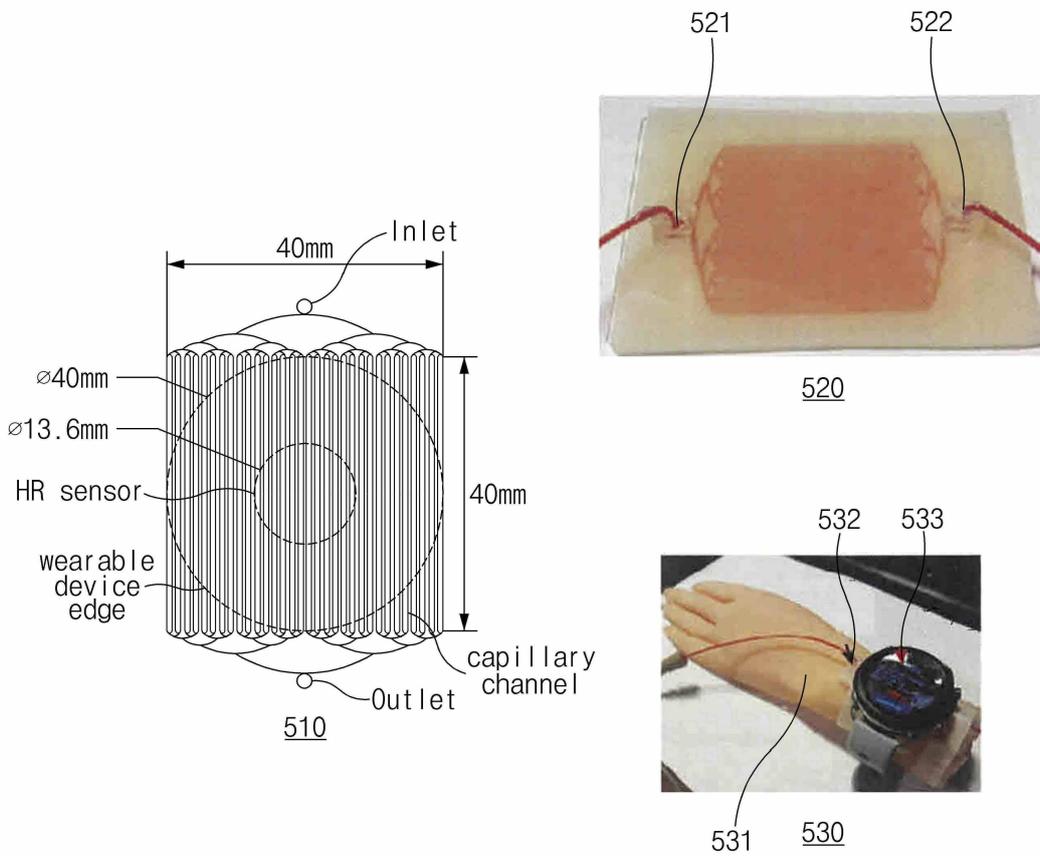
도면3



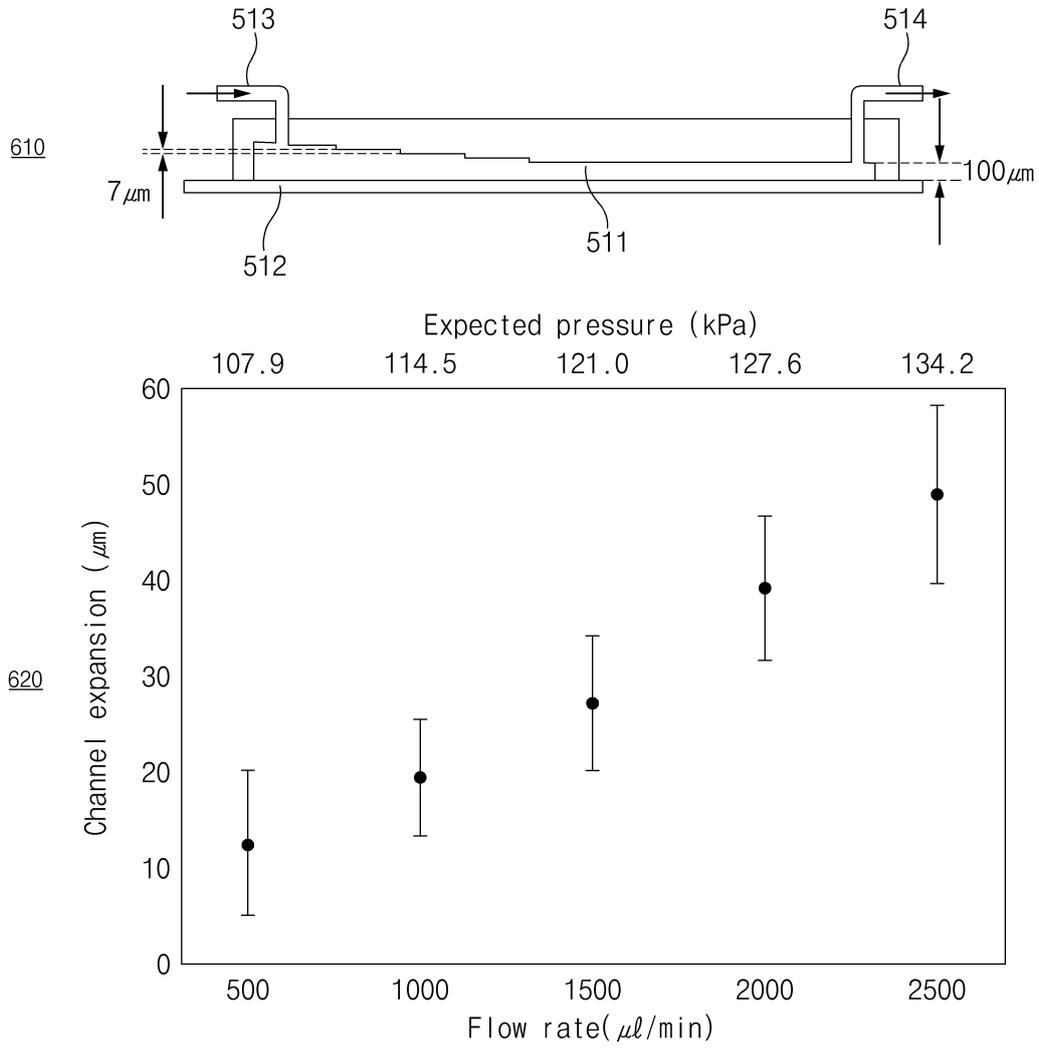
도면4



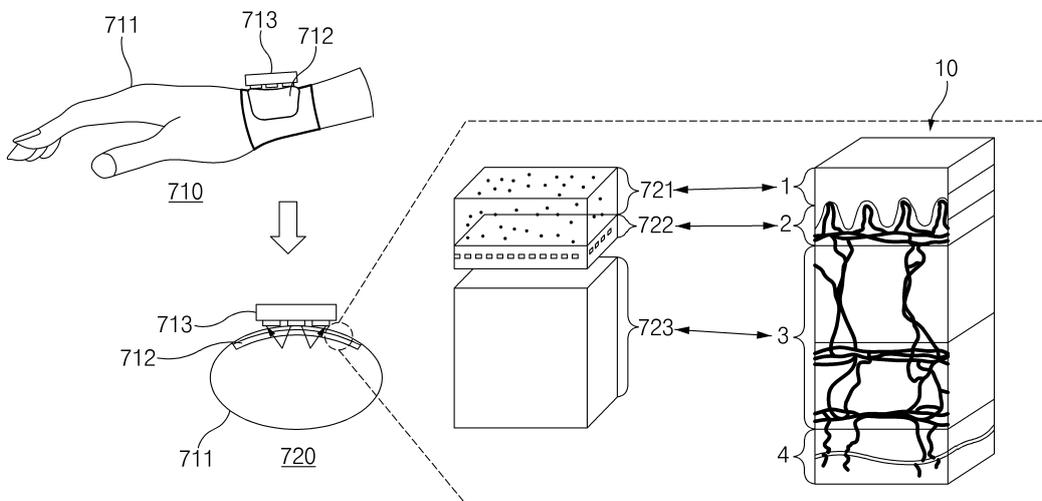
도면5



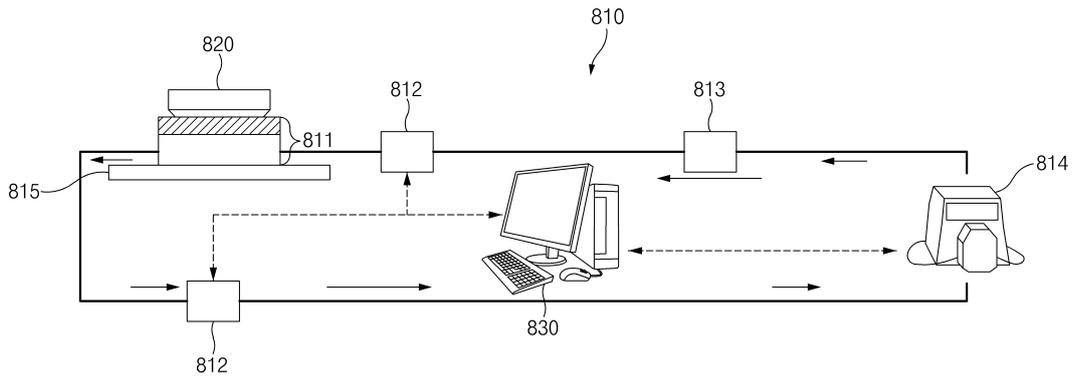
도면6



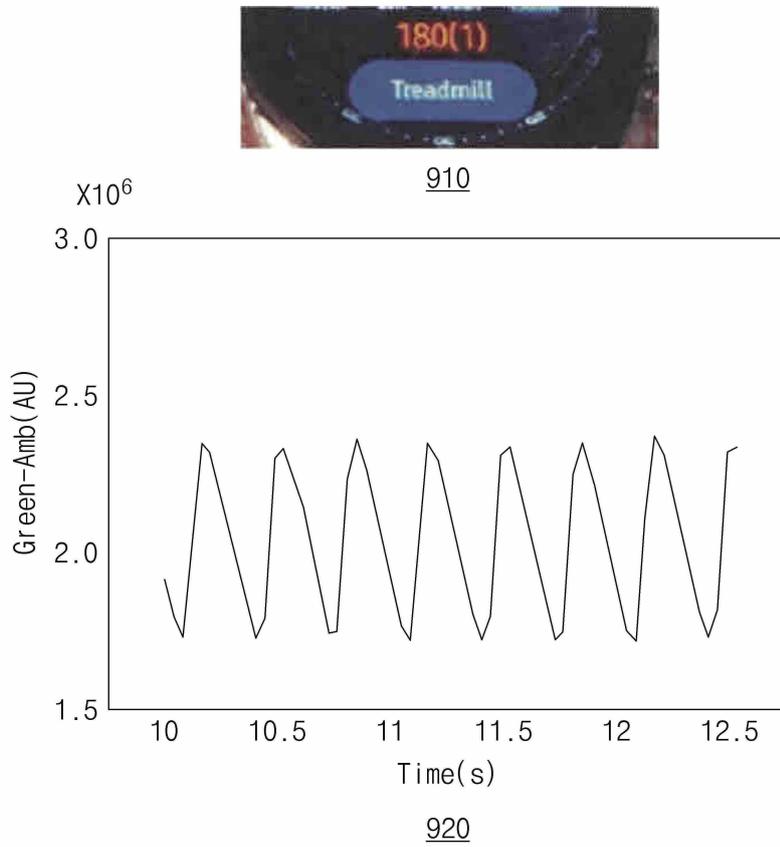
도면7



도면8



도면9



도면10

