



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2015년03월17일

(11) 등록번호 10-1502762

(24) 등록일자 2015년03월10일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

G01L 1/00 (2006.01) G01L 1/16 (2006.01)

G01L 1/14 (2006.01) G01L 9/08 (2006.01)

G01L 9/12 (2006.01) H01L 41/08 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2014-0039548

(22) 출원일자 2014년04월02일

심사청구일자 2014년04월02일

(56) 선행기술조사문헌

US8596111 B2

JP2011185681 A

US4539554 A

(73) 특허권자

경희대학교 산학협력단

경기도 용인시 기흥구 덕영대로 1732 (서천동, 경희대학교 국제캠퍼스내)

(72) 발명자

김갑진

경기 수원시 장안구 만석로 29, 713동 302호 (천천동, 비단마을현대성우.우방아파트)

이소영

경남 김해시 대동면 대동로 487

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

이중우

전체 청구항 수 : 총 5 항

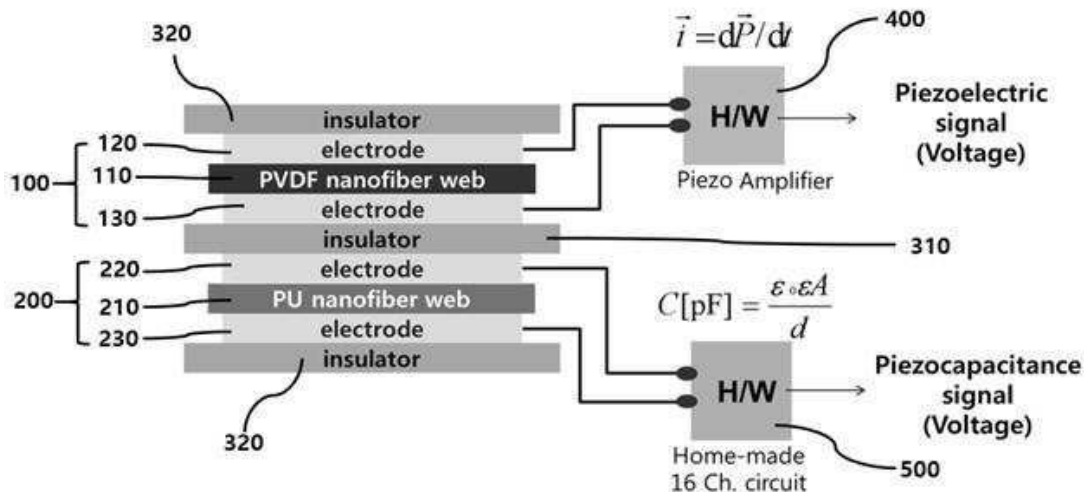
심사관 : 김수현

(54) 발명의 명칭 나노섬유 웹을 이용한 하이브리드 압력센서

(57) 요약

본 발명은 하이브리드 압력센서에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 빠른 주기의 동적인 압력만을 감지할 수 있는 나노섬유 웹 기반의 압전성 압력센서와, 정적인 압력이나 느린 주기의 동적인 압력만을 감지할 수 있는 나노섬유 웹 기반의 압정전용량형 압력센서를 절연층을 사이에 두고 적층하여 하나의 하이브리드 압력센서를 형성하며, 상기 나노섬유 웹 기반의 압전성 압력센서에서 전송되는 미세한 압전신호를 증폭시켜 처리하는 압전신호 증폭기와 상기 나노섬유 웹 기반의 압정전용량형 압력센서에서 전송되는 압정전용량신호를 처리하는 압정전용량신호처리부를 각각 구비함으로써, 하나의 얇은 센서에 의해 동일 지점에 가해지는 정적인 압력뿐만 아니라 모든 주기의 동적인 신호도 함께 감지할 수 있게 한 나노섬유 웹을 이용한 하이브리드 압력센서에 관한 것이다.

대표도 - 도1



(72) 발명자

안유진

인천광역시 강화군 길상면 온수리 520번지

아룬아난드프라부

경기도 용인시 기흥구 덕영대로1732 제2기숙사 B동 855호

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 10033449

부처명 산업통상자원부 ((구)지식경제부)

연구관리전문기관 한국산업기술평가관리원(KEIT)

연구사업명 산업원천기술개발

연구과제명 건강 매니지먼트 기능의 고감도 웰니스 섬유 시스템 개발

기 여 율 2/5

주관기관 경희대학교 산학협력단

연구기간 2009.06.01 ~ 2014.05.31

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 NRF-2008-0057632

부처명 미래창조과학부 ((구)교육과학기술부)

연구관리전문기관 한국연구재단

연구사업명 선도연구센터(ACE)육성사업/공학분야(ERC)

연구과제명 압력감응 촉각감지 텍스타일

기 여 율 2/5

주관기관 경희대학교 산학협력단

연구기간 2005.06.10 ~ 2014.02.28

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 132S-4-3-0612

부처명 미래창조과학부

연구관리전문기관 한국과학기술단체총연합회

연구사업명 해외고급과학자 Brain Pool 사업

연구과제명 신장탄성율 20g/De 이하의 신축성 PLA 섬유 제조기술 개발

기 여 율 1/5

주관기관 경희대학교 산학협력단

연구기간 2013.09.15 ~ 2014.09.14

특허청구의 범위

청구항 1

전기방사로 형성된 나노섬유 웹으로 이루어지며, 외부에서 인가되는 압력으로 유발되는 쌍극자의 변화에 의해 발생하는 압전신호(Piezoelectric signal)에 의해 빠른 주기의 동적인 압력을 감지하는 압전성 압력센서;

상기 압전성 압력센서의 일면에 적층되며, 외부에서 인가되는 압력에 의해 전기방사로 형성된 나노섬유 웹이 압착되면서 유발되는 두께 변화에 의해 변경된 압정전용량신호(Piezocapacitance signal)에 의해 정적인 압력이나 느린 주기의 압력변화를 감지하는 압정전용량형 압력센서; 및

상기 압전성 압력센서와 압정전용량형 압력센서 각각을 절연시키는 절연층;을 포함하는 것을 특징으로 하는 나노섬유 웹을 이용한 하이브리드 압력센서.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 압전성 압력센서의 일단에 연결되어 빠른 주기로 인가된 압력에 의해 발생한 압전신호를 증폭하는 압전신호 증폭기; 및

상기 압정전용량형 압력센서의 일단에 연결되어 동적인 압력이나 느린 주기로 인가되는 압력에 의해 변경된 압정전용량신호를 처리하는 압정전용량신호 처리부;를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 나노섬유 웹을 이용한 하이브리드 압력센서.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 압전성 압력센서는,

압전성 폴리비닐리덴 플루오라이드(PVDF) 용액을 전기방사하여 형성된 PVDF 나노섬유 웹(PVDF nanofiber web); 및

상기 PVDF 나노섬유 웹의 상부와 하부에 각각 형성되는 제1전극과 제2전극으로 이루어진 압전 전극부;를 포함하는 것을 특징으로 하는 나노섬유 웹을 이용한 하이브리드 압력센서.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 압정전용량형 압력센서는,

폴리우레탄(PU) 용액을 전기방사하여 다수의 기공을 내포하도록 형성되어 있는 폴리우레탄 나노섬유 웹; 및

상기 폴리우레탄 나노섬유 웹의 상부와 하부에 각각 형성되는 제3전극과 제4전극으로 이루어진 압정전용량 전극부;를 포함하는 것을 특징으로 하는 나노섬유 웹을 이용한 하이브리드 압력센서.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 절연층은,

적층되어 있는 압전성 압력센서와 압정전용량형 압력센서 상호간을 절연시키기 위해 상기 제2전극과 제3전극 사이에 형성되는 내부 절연층; 및

외부로 노출되는 상기 압전성 압력센서와 압정전용량형 압력센서의 일면을 절연시키기 위해 상기 제1전극 상면과 상기 제4전극 저면에 각각 형성되는 외부 절연층;을 포함하는 것을 특징으로 하는 나노섬유 웹을 이용한 하이브리드 압력센서.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 하이브리드 압력센서에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 빠른 주기의 동적인 압력만을 감지할 수 있는 나노섬유 웹 기반의 압전성 압력센서와, 정적인 압력이나 느린 주기의 동적인 압력만을 감지할 수 있는 나노섬유 웹 기반의 압정전용량형 압력센서를 절연층을 사이에 두고 적층하여 하나의 하이브리드 압력센서를 형성하며, 상기 나노섬유 웹 기반의 압전성 압력센서에서 전송되는 미세한 압전신호를 증폭시켜 처리하는 압전신호 증폭기와 상기 나노섬유 웹 기반의 압정전용량형 압력센서에서 전송되는 압정전용량신호를 처리하는 압정전용량신호처리부를 각각 구비함으로써, 하나의 얇은 센서에 의해 동일 지점에 가해지는 정적인 압력뿐만 아니라 모든 주기의 동적인 신호도 함께 감지할 수 있게 한 나노섬유 웹을 이용한 하이브리드 압력센서에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 일반적으로 압력센서는 압력의 정도를 전기신호로 바꾸어 어느 정도의 압력이 인가되었는지를 감지하는데 이용되며, 압력을 감지하는 원리에 따라 압저항형 압력센서, 압전형 압력센서, 정전용량형 압력센서 등 다양한 종류가 이용되고 있다.

[0003] 이러한 여러 종류의 압력센서들은 압력을 측정하는 방식의 차이로 인하여 특정 유형의 압력을 인식하기에는 적합하지만, 다른 유형의 압력은 측정하지 못하게 되는 문제점이 있었는바, 서로 다른 유형의 압력을 측정하고자 할 경우에는 측정하고자 하는 환경에 따른 다수의 압력센서를 모두 구비해야 하는 불편함이 있었다.

[0004] 즉, 압전성 고분자를 이용하는 종래의 압전성 압력센서(Piezoelectric pressure sensor)의 경우에는 빠른 주기의 동적인 압력을 측정하기에는 적합하지만, 체중을 측정하는 경우와 같이 정적인 힘에 의해 발생하는 압력을 감지하기에는 부적합한 문제점이 있었다.

[0005] 또한, 두 개의 전극 사이에 위치하는 다이아프램(멤브레인)의 변형에 따른 두 전극 사이의 거리 또는 면적 변화로 야기되는 정전용량(Capacitance) 값의 변화에 의해 압력을 측정하는 정전용량형 압력센서(Piezocapacitive pressure sensor)의 경우에는 압력에 의해 줄어든 두 전극 사이의 거리에 의해 변경된 정전용량 값에 의해 압력을 측정하게 되어 느린 주기의 동적인 압력이나 정적인 압력을 측정하기에는 적합하지만, 압력의 인가와 제거가 빠르게 이루어지는 경우에는 다이아프램(멤브레인)의 충분한 복원이 이루어지지 못하게 되므로 빠른 주기의 동적인 압력을 측정하기에는 부적합한 문제점이 있었다.

[0006] 또한, 최근에는 스마트 의류에 대한 관심과 연구가 활발해지면서 일상생활 중 또는 운동시에 발생하는 다양한 생체신호를 측정할 수 있게 한 스마트 섬유 등에 대한 연구도 활발하게 이루어지고 있다.

[0007] 그에 따라, 본 출원인은 대한민국 등록특허공보 제10-1322838호에 개시된 바와 같이 의류에 적용할 수 있으며 감지하고자 하는 생체신호 이외의 잡음 신호를 최소화하여 목적하는 생체신호를 효과적으로 감지할 수 있게 한 압전성 압력센서를 제안한바 있다.

[0008] 이러한 종래의 압전성 압력센서는 압전성 폴리비닐리덴 플루오라이드(PVDF) 필름과 전극으로 이루어진 압전감지 유닛과, 이러한 압전감지유닛을 감싸는 탄성층을 포함하여 이루어진다. 그리고, 이러한 압전성 압력센서에 외부 압력이 가해지거나 변형이 발생되면 PVDF 필름에서 쌍극자(Dipole)의 배열이 바뀌며 일정량의 전류가 흐르면서 전압을 야기하게 되고, 이러한 전류 또는 전압을 감지하여 압력이나 변형을 감지할 수 있게 된다.

[0009] 그러나, 이러한 종래의 압전성 압력센서는 외부압력이나 변형이 가해질 때에만 쌍극자의 배열이 바뀌게 되어 이를 감지할 수 있지만, 외부에서 가해진 압력이 일정하게 유지되거나 변형된 상태를 유지하게 될 경우에는 쌍극자의 배열이 바뀌지 않아 전류나 전압이 발생되지 않아 감지할 수 없게 된다.

[0010] 따라서, 종래의 압전성 압력센서는 동적인 압력, 즉 빠른 주기로 변경되는 압력이나 변형은 정확하게 감지할 수 있지만, 체중 측정이나 족압과 같이 정적인 압력은 측정하기 어려운 문제점이 있었는바, 외부압력이나 변형이 빠른 주기로 반복하여 발생될 수 있는 심장박동, 맥파, 호흡, 근육의 움직임 등의 주기적인 생체신호 감지에만 적용될 수 있다는 한계점이 있었다.

[0011] 또한, 본 출원인은 대한민국 등록특허공보 제10-1248410호에 개시된 바와 같이 센서의 두께를 얇게 형성하면서도 우수한 감도를 얻을 수 있는 나노섬유 웹을 이용한 정전용량형 압력센서를 제안한바 있다.

[0012] 이러한 종래의 정전용량형 압력센서는 기공을 가지면서 탄성 회복율이 우수한 나노섬유 웹과, 이러한 나노섬유

웹의 상하면에 형성되는 유연성 전극부를 모두 직물로 얇게 형성함으로써, 외부에서 가해지는 압력에 의해 기공이 압착되면서 줄어드는 유연성 전극부 사이의 거리 변경으로 인한 정전용량 변화에 의해 압력 측정이 가능하게 된다.

[0013] 그에 따라, 나노섬유 웹을 압착하는 외력이 존재하는 동안에는 변경된 유연성 전극부 사이의 거리를 유지하므로 해당 압력을 지속적일 감지할 수 있게 되며, 이러한 압력이 제거되면 기공으로 공기가 유입되면서 유연성 전극부 사이의 거리가 원래 상태로 복원되고, 그에 따른 정전용량 값의 변화를 감지하여 압력의 변화를 측정할 수 있게 된다.

[0014] 따라서, 종래의 정전용량형 압력센서는 정적인 압력이나, 느린 주기로 반복되는 압력이나 변형은 정확하게 감지할 수 있지만, 빠른 주기로 반복해서 압력이 가해질 경우에는 나노섬유 웹이 원래의 형태로 완전히 복원되기 전에 다시 압력이 가해지기 때문에 나노섬유 웹 두께의 충분한 변화를 감지할 수 없고 그로 인하여 정전용량의 변화 정도를 정확하게 감지하기 어려운 문제점이 있었다.

[0015] 그에 따라, 정적인 압력과 느린 주기의 동적인 압력뿐만 아니라, 빠른 주기의 동적인 압력도 모두 감지할 수 있는 하나의 압력센서에 대한 필요성이 증가하고 있으며, 특히 두께가 얇아 착용감에 지장을 초래하지 않으면서 스마트 슈즈에 적용할 수 있으면서도, 사용자가 착용한 상태에서 서있거나 걷고 뛰는 등 운동과 일상생활을 영위하는 동안 가해지는 정적인 압력과 느린 주기 및 빠른 주기의 동적인 압력도 모두 측정할 수 있는 새로운 형태의 압력센서에 대한 요구도 증가하고 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0016] (특허문헌 0001) 대한민국 등록특허공보 제10-1322838호
(특허문헌 0002) 대한민국 등록특허공보 제10-1248410호

발명의 내용

해결하려는 과제

[0017] 본 발명은 빠른 주기의 동적인 압력만을 감지할 수 있는 나노섬유 웹 기반의 압전성 압력센서와, 정적인 압력이나 느린 주기의 동적인 압력만을 감지할 수 있는 나노섬유 웹 기반의 압정전용량형 압력센서를 절연층을 사이에 두고 적층하여 하나의 하이브리드 압력센서를 형성하며, 상기 나노섬유 웹 기반의 압전성 압력센서에서 전송되는 미세한 압전신호를 증폭시켜 처리하는 압전신호 증폭기와 상기 나노섬유 웹 기반의 압정전용량형 압력센서에서 전송되는 압정전용량신호를 처리하는 압정전용량신호처리부를 각각 구비함으로써, 하나의 얇은 센서에 의해 동일 지점에 가해지는 정적인 압력뿐만 아니라 모든 주기의 동적인 신호도 함께 감지할 수 있게 한 나노섬유 웹을 이용한 하이브리드 압력센서를 제공함에 있다.

과제의 해결 수단

[0018] 상기 과제를 해결하기 위한 나노섬유 웹을 이용한 하이브리드 압력센서는,

[0019] 전기방사로 형성된 나노섬유 웹으로 이루어지며, 외부에서 인가되는 압력으로 유발되는 쌍극자의 변화에 의해 발생하는 압전신호(Piezoelectric signal)에 의해 빠른 주기의 동적인 압력을 감지하는 압전성 압력센서; 상기 압전성 압력센서의 일면에 적층되며, 외부에서 인가되는 압력에 의해 전기방사로 형성된 나노섬유 웹이 압착되면서 유발되는 두께 변화에 의해 변경된 압정전용량신호(Piezocapacitance signal)에 의해 동적인 압력이나 느린 주기의 압력을 감지하는 압정전용량형 압력센서; 및 상기 압전성 압력센서와 압정전용량형 압력센서 각각을 절연시키는 절연층;을 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0020] 또한, 상기 압전성 압력센서의 일단에 연결되어 빠른 주기로 인가된 압력에 의해 발생된 압전신호를 증폭하는 압전신호 증폭기; 및 상기 압정전용량형 압력센서의 일단에 연결되어 동적인 압력이나 느린 주기로 인가되는 압력에 의해 변경된 압정전용량신호를 처리하는 압정전용량신호 처리부;를 더 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0021] 이때, 상기 압전성 압력센서는,

[0022] 압전성 폴리비닐리덴 플루오라이드(PVDF) 용액을 전기방사하여 형성된 PVDF 나노섬유 웹(PVDF nanofiber web); 및 상기 PVDF 나노섬유 웹의 상부와 하부에 각각 형성되는 제1전극과 제2전극으로 이루어진 압전 전극부;를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0023] 또한, 상기 압정전용량형 압력센서는,

[0024] 폴리우레탄(PU) 용액을 전기방사하여 다수의 기공을 내포하도록 형성되어 있는 폴리우레탄 나노섬유 웹; 및 상기 폴리우레탄 나노섬유 웹의 상부와 하부에 각각 형성되는 제3전극과 제4전극으로 이루어진 압정전용량 전극부;를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0025] 또한, 상기 절연층은,

[0026] 적층되어 있는 압전성 압력센서와 압정전용량형 압력센서 상호간을 절연시키기 위해 상기 제2전극과 제3전극 사이에 형성되는 내부 절연층; 및 외부로 노출되는 상기 압전성 압력센서와 압정전용량형 압력센서의 일면을 절연시키기 위해 상기 제1전극 상면과 상기 제4전극 저면에 각각 형성되는 외부 절연층;을 포함하는 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

[0027] 본 발명은 하나의 얇은 센서에 의해 동일 지점에 가해지는 정적인 압력뿐만 아니라, 느린 주기와 빠른 주기의 동적인 압력도 함께 감지할 수 있는 효과가 있다.

[0028] 본 발명은 정적인 압력과 모든 주기의 동적인 압력을 얇은 하나의 센서에서 측정할 수 있으므로, 정적인 압력과 느리거나 빠른 주기의 동적인 압력이 모두 인가될 수 있는 스마트 슈즈에 착화시의 이물감 없이 적용될 수 있는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

[0029] 도 1은 본 발명에 따른 나노섬유 웹을 이용한 하이브리드 압력센서의 단면 구성도.

도 2는 본 발명에 따라 압전성 압력센서에서 압전신호를 감지하는 것을 나타내는 등가회로 구성도.

도 3은 본 발명에 따라 압정전용량형 압력센서에서 압정전용량신호를 감지하는 것을 나타내는 등가회로 구성도.

도 4는 본 발명에 따른 나노섬유 웹을 이용한 하이브리드 압력센서를 신발 안창에 부착한 후 압정전용량신호를 측정하는 것을 나타내는 예시도.

도 5는 본 발명에 따라 신발 안창에 부착된 3개의 하이브리드 압력센서 각각으로부터 측정된 (A) 압정전용량신호와 (B) 압전신호를 나타내는 그래프.

도 6은 본 발명에 따라 3km/h와 5km/h의 속도를 걸을 때 신발 안창에 부착된 제3하이브리드 압력센서에서 각각 측정된 (A) 압정전용량신호와 (B) 압전신호를 나타내는 그래프.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0030] 이하에서는 본 발명의 구체적인 실시예를 도면을 참조하여 상세히 설명하도록 한다.

[0031] 도 1은 본 발명에 따른 나노섬유 웹을 이용한 하이브리드 압력센서의 단면 구성도이다.

[0032] 도 1을 참조하면, 본 발명에 따른 나노섬유 웹을 이용한 하이브리드 압력센서는, 전기방사로 형성된 나노섬유 웹으로 이루어지며 외부에서 인가되는 압력으로 유발되는 쌍극자의 변화에 의해 발생하는 압전신호에 의해 빠른 주기의 동적인 압력을 감지하는 압전성 압력센서(100)와, 상기 압전성 압력센서의 일면에 적층되며 외부에서 인가되는 압력에 의해 전기방사로 형성된 나노섬유 웹이 압착되면서 유발되는 두께 변화에 의해 변경된 압정전용량신호에 의해 동적인 압력이나 느린 주기의 압력을 감지하는 압정전용량형 압력센서(200)와, 상기 압전성 압력센서와 압정전용량형 압력센서 각각을 절연시키는 절연층(310,320)을 포함하여 구성된다.

[0033] 또한, 상기 압전성 압력센서의 일단에 연결되어 빠른 주기로 인가된 압력에 의해 발생된 압전신호(Piezoelectric signal)를 증폭하는 압전신호 증폭기(400)와, 상기 압정전용량형 압력센서의 일단에 연결되어 동적인 압력이나 느린 주기로 인가되는 압력에 의해 변경된 압정전용량신호(Piezocapacitance signal)를 처리하는 압정전용량신호 처리부(500)를 더 포함하여 구성되는 것이 바람직하다.

- [0034] 상기 압전성 압력센서(100)는, 압전성 폴리비닐리덴 플루오라이드(PVDF) 용액을 전기방사하여 형성된 PVDF 나노섬유 웹(PVDF nanofiber web)(110)과, 상기 PVDF 나노섬유 웹의 상부와 하부에 형성되는 압전 전극부(120,130)를 포함하여 구성된다.
- [0035] 이때, 상기 PVDF 나노섬유 웹(110)은 비교적 간단한 단량체 구조인 $\text{CH}_2\text{-CF}_2$ 를 반복 단위로 하는 선상 고분자로서 분자쇄 내에 존재하는 강한 C-F 쌍극자에 의하여 고분자 재료 중 가장 큰 유전율을 나타내며 유기고분자로 이루어져 부식에 강한 압전성 폴리비닐리덴 플루오라이드(PVDF)계 압전성 유기 고분자로 이루어진 용액을 전기방사하여 형성된다.
- [0036] 그리고, 상기 압전 전극부는 PVDF 나노섬유 웹(110)의 상부와 하부에 코팅되거나 도금되는 제1전극(120)과 제2전극(130)을 포함하여 구성된다. 이러한 제1 및 제2전극(120,130)은 상기 PVDF 나노섬유 웹의 상부와 하부에 은도금 또는 니켈 동도금하여 형성하거나 접착성 전기전도성 직물로 구성된다.
- [0037] 이와 같이 상기 제1전극(Top electrode)과 제2전극(Bottom electrode)이 PVDF 나노섬유 웹의 상부와 하부에 위치하게 되므로, 외부에서 주기적인 압력(Periodic pressure)이 인가될 경우 PVDF 나노섬유 웹(100) 내의 쌍극자(Dipole) 방향이 바뀌면서 생성되는 압전신호($\vec{i} = \frac{d\vec{P}}{dt}$)는 제1 및 제2전극(120,130)을 통하여 외부의 압전신호 증폭기로 전송된다.
- [0038] 이처럼 상기 압전성 압력센서(100)에서 주기적인 압력(Periodic pressure)에 의해 유발되는 쌍극자의 변화로 발생하는 압전신호에 의하여 압력을 감지하는 것을 도 2의 증가회로에 나타내었다. 도 2에 도시된 바와 같이, 압전성 압력센서(100)에 가해지는 주기적인 압력에 의해 발생하는 압전신호는 100~1000MΩ의 입력저항(R_{in})을 갖는 전치 증폭기(Preamplifier)에서 전압모드로 검출되며, 이와 같이 검출된 압전신호에 의해 주기적인 압력의 인가여부를 감지할 뿐만 아니라, 전압모드 또는 전류모드로 검출되는 압전신호의 크기를 통하여 감지된 압력의 크기 도 도출할 수 있게 된다.
- [0039] 상기 압정전용량형 압력센서(200)는 상기 압전성 압력센서(100)의 일면에 적층 형성되며, 폴리우레탄(PU) 용액을 전기방사하여 다수의 기공을 내포하도록 형성되어 있는 폴리우레탄 나노섬유 웹(210)과, 상기 폴리우레탄 나노섬유 웹의 상부와 하부에 형성되는 압정전용량 전극부(220,230)를 포함하여 구성된다.
- [0040] 이때, 상기 폴리우레탄(PU) 나노섬유 웹(210)은 열가소성 폴리우레탄(Thermoplastic Polyurethanes, TPU) 용액을 전기방사하여 내부에 다수의 기공이 내포되도록 형성된다. 그에 따라, 외부에서 가해지는 압력에 의해 상기 기공에 충전되어 있는 공기가 출입되면서 두께가 감소 또는 증가되어 상기 압정전용량 전극부(220,230) 사이의 거리를 변경시킬 수 있게 된다. 폴리우레탄(PU)이 다른 열가소성 중합체보다 우수한 회복력을 갖고 있으므로 열가소성 폴리우레탄을 이용하여 나노섬유 웹을 형성하는 것이 바람직하다.
- [0041] 그리고, 상기 압정전용량 전극부는 폴리우레탄 나노섬유 웹(210)의 상부와 하부에 코팅되거나 도금되는 제3전극(220)과 제4전극(230)을 포함하여 구성된다. 이러한 제3 및 제4전극은 상기 폴리우레탄(PU) 나노섬유 웹의 상부와 하부에 은도금 또는 니켈 동도금하여 형성하거나 접착성 전기전도성 직물로 구성된다.
- [0042] 이와 같이 상기 제3전극과 제4전극이 폴리우레탄(PU) 나노섬유 웹의 상부와 하부에 위치하게 되므로, 외부에서 압력이 인가되어 폴리우레탄(PU) 나노섬유 웹(210)의 기공에 포함되어 있는 공기가 배출되면서 두께가 줄어들 경우 상기 제3전극(220)과 제4전극(230) 사이의 거리 변경을 초래하게 된다. 그리고 이러한 제3전극(220)과 제4전극(230) 사이의 거리 변경은 두 전극 사이의 거리에 반비례하는 정전용량(Capacitance) 값을 변경시키게 되므로, 이러한 정전용량값의 변화를 통하여 압력을 감지할 수 있게 된다.
- [0043] 이처럼 상기 압정전용량형 압력센서(200)에서 외부로부터 가해지는 압력에 의해 폴리우레탄(PU) 나노섬유 웹의 두께 변화로 발생하는 정전용량값의 변화를 나타내는 압정전용량신호에 의하여 압력을 감지할 수 있음을 도 3의 증가회로에 나타내었다.
- [0044] 도 3에 도시된 바와 같이 저항(R_1)에 직렬 연결된 압정전용량형 압력센서(PU nanoweb sensor, C_s)에 10kHz의 주파수와 4.7V_{p-p}의 크기를 갖는 사인파를 인가하면 포인트 1에서의 출력전압은 외부 압력이 없는 $t=t_0$ 인 시점까지는 동일한 주파수를 갖지만 V_{p-p}의 값은 감소된 형태의 사인파로 나타난다. 이후 일정한 외력(Force)이 t_0 에서 t_1 의 시간 동안 압정전용량형 압력센서(C_s)에 가해지면, 주파수는 동일하지만 상기 압정전용량형 압력센서에서의

정전용량 증가로 인하여 증가된 크기를 갖도록 사인파가 변조된다. 즉, 정전용량(C)은 하기의 수학식 1과 같이 두 평행 전극판 사이의 거리(d)에 반비례하기 때문에, 상기 압정전용량형 압력센서에 외력(Force)이 가해져서 폴리우레탄 나노섬유 웹의 기공에 충전되어 있던 공기들이 배출되면 상기 압정전용량 전극부 사이의 거리가 감소되며, 그로 인하여 정전용량의 값이 증가되게 된다. 그리고, t_1 시점에 외력(Force)이 제거되면 포인트 1에서의 출력전압은 압력이 가해지기 전에 관찰되던 상태로 복원되며, 상기 압정전용량형 압력센서를 이루는 폴리우레탄 나노섬유 웹의 두께도 원래의 상태로 복원된다.

수학식 1

$$C[pF] = \frac{\epsilon_0 \epsilon A}{d}$$

[0045]

[0046]

상기 포인트 1을 통과한 출력신호를 적절한 값으로 선택된 저항(R_2)과 커패시터(C_2)로 이루어진 복조기(Demodulator)(envelope detector) 회로를 통과시키면서 포인트 1에서의 출력신호들에 대한 양의 엔벨로프를 취하면 포인트 2에서는 상기 압정전용량형 압력센서에 가해졌던 외력과 유사한 형태의 출력(V)을 얻을 수 있게 된다.

[0047]

이와 같이 복조기(Demodulator)를 통과한 출력신호를 0.1Hz의 차단주파수를 갖는 고역통과필터(HPF)와 50Hz의 차단주파수를 갖는 저역통과필터(LPF)로 이루어진 대역통과필터에서 노이즈를 제거하면, 상기 압정전용량형 압력센서에 가해진 외력을 나타내는 출력을 얻을 수 있게 된다.

[0048]

이처럼 폴리우레탄 나노섬유 웹은 외부 압력이 주어질 때 감소하는 두께에 따라 정전용량이 증가하기 때문에 압정전용량형 압력센서로 이용될 수 있게 된다. 이와 같이 폴리우레탄 나노섬유 웹으로 이루어진 압정전용량형 압력센서는 기존에 폴리우레탄 폼 시트로 형성되던 압력센서에 비하여 높은 민감도를 구현할 수 있고, 나노스케일의 두께로 얇게 제조될 수 있으며, 낮은 히스테리시스 곡선을 구현할 수 있게 되어 보다 많은 분야로의 활용이 가능하게 된다.

[0049]

또한, 상기 절연층은, 적층되어 있는 압전성 압력센서와 압정전용량형 압력센서 상호간을 절연시키기 위해 상기 제2전극과 제3전극 사이에 형성되는 내부 절연층(310)과, 외부로 노출되는 상기 압전성 압력센서와 압정전용량형 압력센서의 일면을 절연시키기 위해 상기 제1전극 상면과 상기 제4전극 저면에 각각 형성되는 외부 절연층(320)을 포함하여 구성된다.

[0050]

이와 같이 상기 내부 절연층(310)에 의해 압전성 압력센서에서 발생하는 압전신호와 압정전용량형 압력센서에서 발생하는 압정전용량신호는 서로 영향을 미치지 않으면서 상기 압전신호 증폭기(400)와 압정전용량신호 처리부(500)에서 독립적으로 처리되므로, 빠른 주기의 동적인 압력과 정적인 압력 및 느린 주기의 동적인 압력을 모두 정확하게 감지할 수 있게 된다.

[0051]

다음에는 이와 같이 구성된 본 발명에 따른 나노섬유 웹을 이용한 하이브리드 압력센서를 신발 안창에 부착하여 트레드밀에서 걷는 동안 측정된 압전신호와 압정전용량신호를 통하여 운동정도를 확인하는 것을 설명한다.

[0052]

도 4는 본 발명에 따른 나노섬유 웹을 이용한 하이브리드 압력센서를 신발 안창에 부착한 후 압정전용량신호를 측정한 것을 나타내는 예시도이고, 도 5는 본 발명에 따라 신발 안창에 부착된 3개의 하이브리드 압력센서 각각으로부터 측정된 (A) 압정전용량신호와 (B) 압전신호를 나타내는 그래프이며, 도 6은 본 발명에 따라 3km/h와 5km/h의 속도를 걸을 때 신발 안창에 부착된 제3하이브리드 압력센서에서 각각 측정된 (A) 압정전용량신호와 (B) 압전신호를 나타내는 그래프이다.

[0053]

도 4의 (B)에 도시된 바와 같이 좌측과 우측 신발 안창 각각에 3개씩의 하이브리드 압력센서를 부착시킨 후, (A)에 도시된 바와 같이 착화한다. 이때 도 4의 (A)에는 운동화 일측에 하이브리드 압력센서에서 감지된 압전신호나 압정전용량신호를 수신하여 처리하기 위해 전기적인 연결이 이루어진 것을 나타내었으나, 이는 본 발명에 따른 하이브리드 압력센서의 실험을 위한 것일 뿐인바, 별도의 신호처리수단이나 근거리 통신수단을 신발에 구비한 후 이를 통하여 하이브리드 압력센서에서 감지된 압전신호나 압정전용량신호를 사용자의 스마트 단말기 등

으로 전송할 수 있게 하여 사용의 편의성을 향상시킬 수 있음은 물론이다.

- [0054] 이때, 신발 안창에 설치되는 하이브리드 압력센서는 도 4의 (B)에 도시된 바와 같이, 신발을 착용하고 서 있거나 걸을 때 체중이 가장 많이 실리게 되는 뒤쪽 부분에 1개를 설치하고, 걸을 때 상대적으로 넓은 영역에 걸쳐 가압되는 앞쪽 부분에 2개를 설치하는 것이 바람직하다. 이러한 하이브리드 압력센서는 좌측과 우측 신발 안창에 모두 설치됨으로서, 서있거나 걸을 때 체중이 실리면서 압력이 가해지는 것을 좌측과 우측에 대하여 비교할 수 있게 하여, 올바른 걸음걸이나 운동자세를 교정하기 위한 데이터로 활용할 수 있는 등 스마트 슈즈로서의 활용성을 향상시킬 수 있게 된다.
- [0055] 이와 같이 신발 안창에 설치되는 하이브리드 압력센서는 우수한 유연성과, 내구성을 가지면서도 가볍기 때문에 체중을 측정하거나 걷거나 뛰는 패턴을 측정하기 위해 신발에 삽입되더라도 걷거나 뛰는 동안 불편함을 느끼지 않을 수 있게 된다.
- [0056] 이와 같이 하이브리드 압력센서가 설치된 신발 안창이 삽입된 신발을 착용하고 5km/h의 속도로 이동하는 트레드밀에서 걸을 때, 상기 하이브리드 압력센서를 이루는 압전성 압력센서와 압정전용량형 압력센서에서 측정되는 압전신호(Piezoelectricity)와 압정전용량신호(Piezocapacitance)가 도 5에 도시되어 있다. 이때, 도 5에서는 좌측 신발에 설치되는 3개의 하이브리드 압력센서(①, ②, ③)를 각각 채널 1(ch-1), 채널 2(ch-2) 및 채널 3(ch-3)로 지칭하여 각각에서 측정되는 압전신호와 압정전용량신호를 도시하였다.
- [0057] 도 5에 의하면 우측 발의 뒤쪽에 위치하는 채널 3(ch-3)의 압력센서에서 측정되는 신호가 먼저 감지됨을 알 수 있으며, 그 이후에 채널 2(ch-2)와 채널 1(ch-1)의 압력센서에서 측정되는 신호가 연속적으로 감지됨을 알 수 있다. 따라서, 걷는 동안 채널 3, 채널 2 및 채널 1의 연속적인 순서로 반복되는 신호가 감지됨을 알 수 있게 된다.
- [0058] 또한, 채널 2의 압력센서는 채널 1의 압력센서와 아주 가깝게 위치하므로, 채널 2와 채널 1의 압력센서들에서 최고값이 측정되는 피크타임(peak time)의 차이가 아주 작음을 확인할 수 있지만, 채널 2와 채널 3의 압력센서들에서 최고값이 측정되는 피크타임(peak time)은 시속 5km/h로 걸을 때 약 0.3초의 차이가 발생하게 됨을 확인할 수 있다.
- [0059] 도 6에서는 트레드밀을 걷는 속도에 따라 채널 3의 압력센서로부터 측정되는 압전반응신호(piezo-response signals)인 압전신호(Piezoelectricity)와 압정전용량신호(Piezocapacitance)를 나타낸다.
- [0060] 도 6에 의하면, 압력센서의 종류에 관계없이 걷는 속도의 증가함에 따라 압력센서에서 측정되는 주기가 빨라짐을 확인할 수 있게 된다. 따라서, 도 6으로부터 실험자가 3km/h의 속도로 걸을 때, 한 시간 동안 4,336걸음(4,336 steps/h)을 걷게 됨을 알 수 있으며, 한 걸음 동안에는 0.693미터(0.693 m/step)를 이동하게 됨을 산출할 수 있게 된다.
- [0061] 또한, 실험자가 5km/h의 속도로 걸을 때에는, 한 시간 동안 6,656걸음(6,656 steps/h)을 걷게 됨을 알 수 있으며, 한 걸음 동안에는 0.751미터(0.751 m/step)를 이동하게 됨을 산출할 수 있게 된다.
- [0062] 이와 같이 CF₂ 쌍극자의 변화로 인하여 아주 넓은 범위의 주파수까지 동적인 압력만을 측정할 수 있는 PVDF 나노섬유 웹 기반의 압전성 압력센서와, 폴리우레탄(PU) 나노섬유 웹의 두께 변화로 인한 압정전용량의 변화를 통하여 정적인 압력과 비교적 낮은 주파수의 동적인 압력을 측정할 수 있는 폴리우레탄(PU) 나노섬유 웹 기반의 압정전용량형 압력센서를 적층하여 하나의 하이브리드 압력센서를 구현함으로써, 동일 지점에 빠른 주기로 반복하여 가해지는 동적인 압력뿐만 아니라, 정적인 압력과 느린 주기로 반복하여 가해지는 동적인 압력까지도 모두 측정할 수 있게 된다.
- [0063] 이때, 상기 PVDF 나노섬유 웹 기반의 압전성 압력센서에서 CF₂ 쌍극자의 변화로 생성되는 압전신호(Piezoelectric signal)는 양의 값과 음의 값을 모두 갖게 되므로, 측정이 이루어졌던 시간에 대하여 그대로 적분할 경우 그 값이 0이 되는데, 측정된 압전신호의 값을 정류한 후 적분함으로써 시간의 흐름에 따른 에너지 소비정도를 올바르게 산출할 수 있게 된다.
- [0064] 또한, 상기 폴리우레탄(PU) 나노섬유 웹 기반의 압정전용량형 압력센서에서 압착에 의한 전극 사이의 거리변화로 변경되는 압정전용량신호(Piezocapacitance signal)의 경우 외부압력에 의한 두께 변화로 양의 신호만이 생성되기 때문에, 측정이 이루어졌던 시간에 대하여 그대로 적분하면 걷는 경우보다 압력이 인가된 상태로 가만히 있는 경우에 더 큰 값이 산출될 우려가 있게 된다.

[0065]

그러므로, 상기 폴리우레탄(PU) 나노섬유 웹 기반의 압전전용량형 압력센서에서 측정된 압전전용량신호의 기울

기에 대한 절댓값($\left| \frac{dV(t)}{dt} \right|$)을 측정시간 동안에 대하여 적분($\int_0^t \left| \frac{dV(t)}{dt} \right| dt$)함으로써, 정지하고 있을 때와 걸을 때의 에너지 소비정도를 올바르게 산출할 수 있게 된다. 따라서, 정지하고 있는 동안에는 압전전용량 신호의 기울기에 대한 변화가 없어 그 값이 0이 되지만, 걷는 동안에는 시간이 증가함에 따라 양의 기울기를 갖는 직선의 형태로 적분값이 산출되어 올바른 에너지 소비정도를 파악할 수 있게 된다.

[0066]

이처럼, 본 발명에 따른 하이브리드 압력센서는 하나의 센서를 이용함으로써 체중에 의해 가해지는 정적인 압력과, 정적인 압력이 가해지고 있던 동일 지점에 걸거나 뛰는 동안 일정주기를 갖고 반복적으로 가해지는 동적인 압력을 모두 측정할 수 있으므로, 신발 안창에 설치되어 족압을 측정하고 그 족압을 바탕으로 에너지 소비정도를 측정하기 위한 스마트 슈즈 또는 스마트 안창으로서의 활용성을 향상시킬 수 있게 된다.

[0067]

이상에서는 본 발명에 대한 기술사상을 첨부 도면과 함께 서술하였지만 이는 본 발명의 바람직한 실시예를 예시적으로 설명한 것이지 본 발명을 한정하는 것은 아니다. 또한 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 이라면 누구나 본 발명의 기술적 사상의 범주를 이탈하지 않는 범위 내에서 다양한 변형 및 모방이 가능함은 명백한 사실이다.

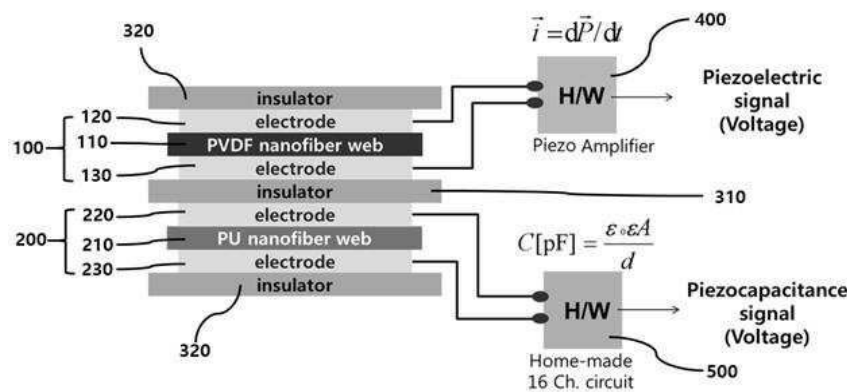
부호의 설명

[0068]

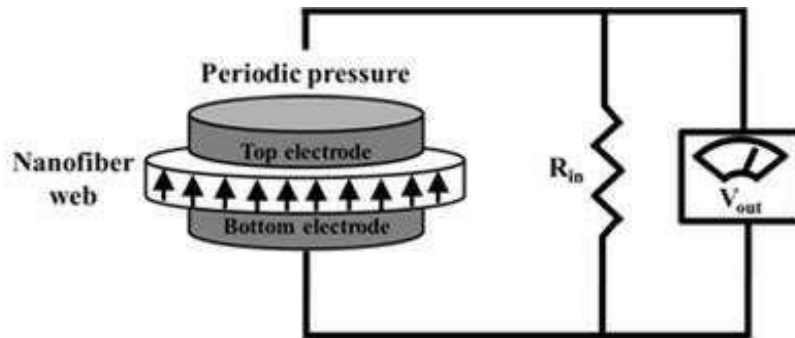
100	압전성 압력센서	110	PVDF 나노섬유 웹
120	제1전극	130	제2전극
200	압전전용량형 압력센서	210	폴리우레탄(PU) 나노섬유 웹
220	제3전극	230	제4전극
310	내부 절연층	320	외부 절연층
400	압전신호 증폭기	500	압전전용량신호 처리부

도면

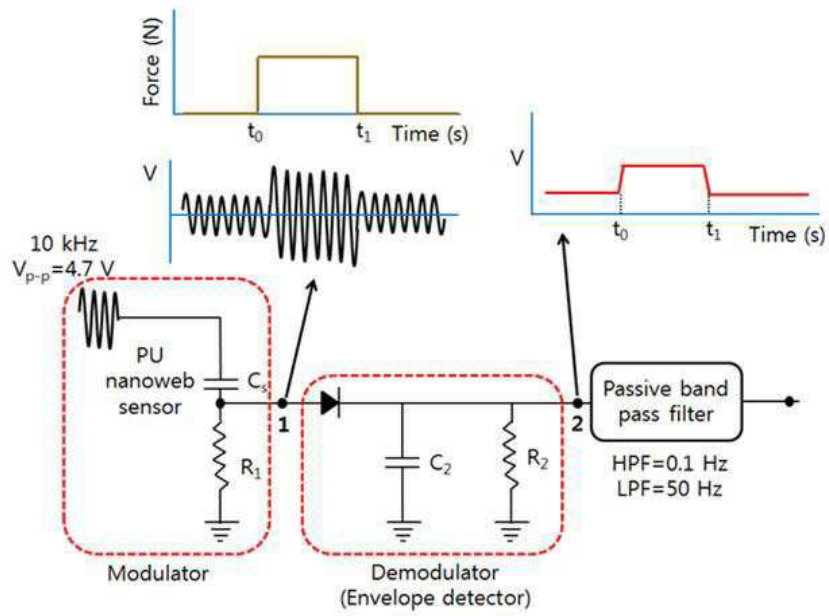
도면1



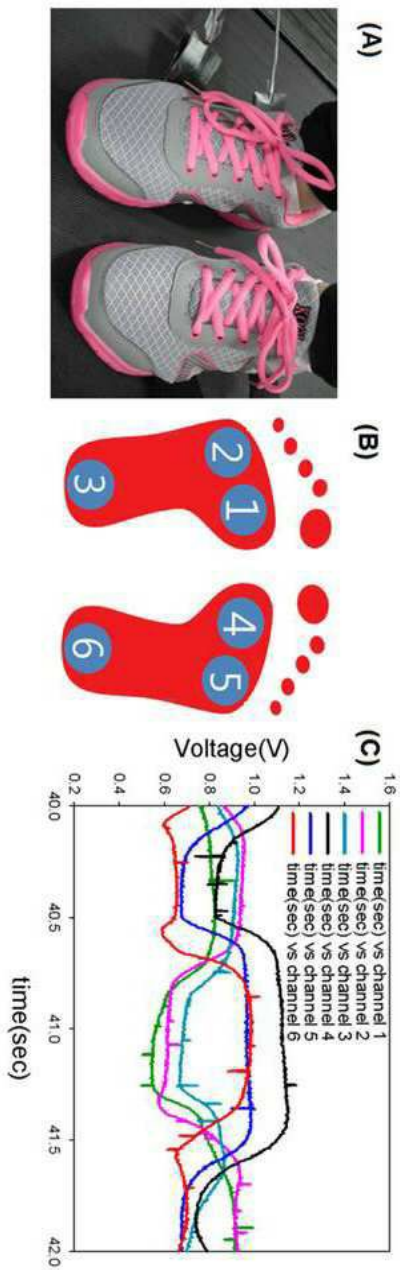
도면2



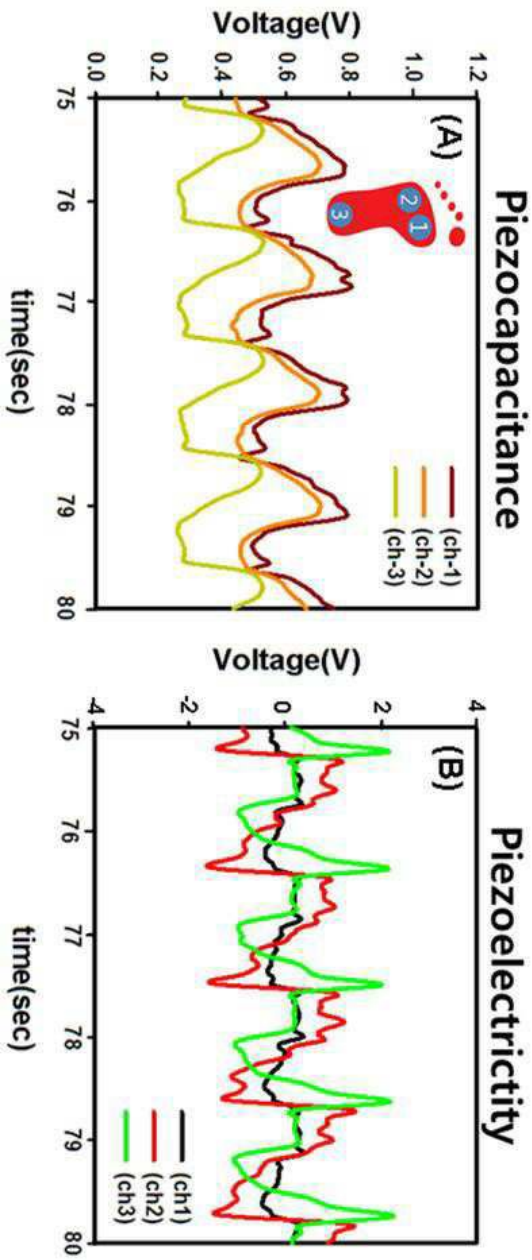
도면3



도면4



도면5



도면6

