

(12) 특허협력조약에 의하여 공개된 국제출원

(19) 세계지식재산권기구
국제사무국

(43) 국제공개일
2015년 6월 11일 (11.06.2015)



(10) 국제공개번호
WO 2015/084061 A1

- (51) 국제특허분류:
H01B 5/14 (2006.01) *H01B 13/00* (2006.01)
- (21) 국제출원번호: PCT/KR2014/011790
- (22) 국제출원일: 2014년 12월 3일 (03.12.2014)
- (25) 출원언어: 한국어
- (26) 공개언어: 한국어
- (30) 우선권정보:
10-2013-0149217 2013년 12월 3일 (03.12.2013) KR
PCT/KR2013/012081
2013년 12월 24일 (24.12.2013) KR
- (71) 출원인: 재단법인 멀티스케일 에너지시스템 연구단
(GLOBAL FRONTIER CENTER FOR MULTISCALE
ENERGY SYSTEMS) [KR/KR]; 151-742 서울시 관악
구 관악로 1, Seoul (KR). 서울대학교산학협력단 (SNU
R&DB FOUNDATION) [KR/KR]; 151-742 서울시 관악
구 관악로 1, Seoul (KR).
- (72) 발명자: 강대식 (KANG, Daeshik); 151-848 서울시 관
악구 남부순환로 230길 93 601호, Seoul (KR). 최용환
(CHOI, Yong Whan); 463-903 경기도 성남시 분당구
이매로 54 701동 1001호, Gyeonggi-do (KR). 이찬석
(LEE, Chanseok); 158-769 서울시 양천구 목동동로
100 902동 1203호, Seoul (KR). 서갑양 (SUH, Kahp-
Yang); 137-936 서울시 서초구 남부순환로 2311-12 202
동 1003호, Seoul (KR). 김태일 (KIM, Tae-il); 450-712
경기도 평택시 평택로 17 101동 903호, Gyeonggi-do

(KR). 최만수 (CHOI, Man Soo); 135-808 서울시 강남
구 언주로 107 205동 703호, Seoul (KR).

(74) 대리인: 김애라 (KIM, Aera); 135-918 서울시 강남구
테헤란로 322 동관 1207호, Seoul (KR).

(81) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의
국내 권리의 보호를 위하여): AE, AG, AL, AM, AO,
AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ,
CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO,
DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN,
HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KZ, LA,
LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN,
MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE,
PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE,
SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT,
TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

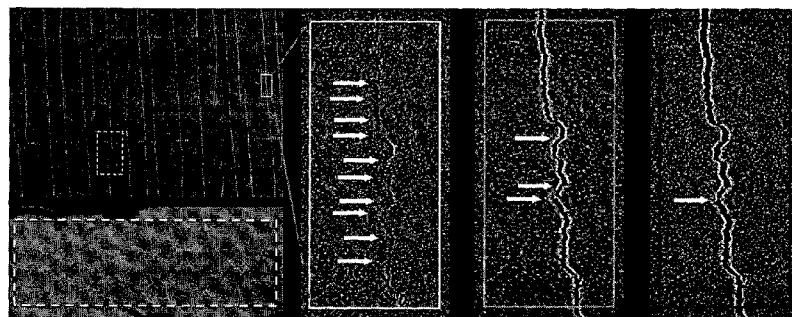
(84) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의
역내 권리의 보호를 위하여): ARIPO (BW, GH, GM,
KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG,
ZM, ZW), 유라시아 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ,
TM), 유럽 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE,
ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC,
MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR),
OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM,
ML, MR, NE, SN, TD, TG).

공개:

— 국제조사보고서와 함께 (조약 제 21 조(3))

(54) Title: HIGH-SENSITIVITY SENSOR COMPRISING CONDUCTIVE THIN FILM CONTAINING CRACKS AND METHOD FOR MANUFACTURING SAME

(54) 발명의 명칭 : 크랙 함유 전도성 박막을 구비하는 고감도 센서 및 그의 제조방법



(57) Abstract: A high-sensitivity sensor containing cracks is provided. The high-sensitivity sensor is obtained by forming micro-cracks on a conductive thin film, which is formed on top of a support, wherein the microcracks form a micro-joining structure in which the microcracks are electrically changed, short-circuited or open, thereby converting external stimuli into electric signals by generating a change in a resistance value. The high-sensitivity sensor can be useful in a displacement sensor, a pressure sensor, a vibration sensor, artificial skin, a voice recognition system, and the like.

(57) 요약서: 크랙 함유 고감도 센서가 제공된다. 상기 고감도 센서는 지지체 상에 형성된 전도성 박막에 미세 크랙을 형성하여 얻어지며, 상기 미세 크랙이 형성하는 미세 접합구조에서 이들이 전기적으로 변화, 단락 또는 개방됨에 따라 저항값의 변화가 발생하여 외부 자극을 전기적 신호로 변환하게 된다. 이와 같은 고감도 센서는 변위센서, 압력센서, 진동센서, 인공 피부, 음성인식 시스템 등에 유용하게 사용할 수 있다.



WO 2015/084061 A1

명세서

발명의 명칭: 크랙 함유 전도성 박막을 구비하는 고감도 센서 및 그의 제조방법

기술분야

- [1] 본 발명은 크랙 함유 전도성 박막을 구비하는 고감도 센서 및 그의 제조방법에 관한 것으로, 미세한 크랙이 형성된 전도성 박막을 사용하여 변위, 진동 및/또는 압력을 감지하는 다기능 고감도 센서 및 이를 간단하고 경제적인 방법으로 제조할 수 있는 방법에 관한 것이다.

배경기술

- [2] 일반적으로 고감도 센서는 미세한 신호를 감지하여 이를 전기적 신호 등의 데이터로 전달하는 장치로서 현대산업에서 필수적으로 요구되는 부품 중 하나이다. 이와 같은 센서 중 압력이나 인장력을 측정하는 센서로서는 정전용량(capacitive) 센서, 압전기(piezoelectric) 센서, 스트레인 게이지 등이 알려져 있다.
- [3] 그러나 이와 같은 센서들은 특정 환경에서만 구동이 가능하거나, 압력 외의 다양한 환경적 요인에 의해 영향을 받아 측정값의 정확성이 저하되는 등의 문제가 존재함과 동시에 반복 구동 시 일정한 측정값을 확보하기 곤란한 문제가 존재한다. 또한 이들 센서는 자체의 구조적인 문제로 인하여 플렉시블 구조체를 제조하기 곤란하다는 문제가 존재한다.
- [4] 또한 음성인식에 쓰이는 기존의 마이크는 잡음을 걸러내는 기능이 현저히 떨어져 노이즈가 심한 환경에서는 인식률이 저하된다는 문제가 있다.
- [5] 따라서 이러한 문제점을 보완할 수 있는 새로운 방식의 고감도 센서 및 음성인식 시스템의 개발이 요구되고 있다.

발명의 상세한 설명

기술적 과제

- [6] 본 발명이 해결하고자 하는 기술적 과제는 환경에 의한 영향을 적게 받으면서 반복적인 사용에도 측정값의 정확도가 유지되며, 감도가 우수한 미세한 변위, 진동 및/또는 압력의 변화를 감지할 수 있는 다기능의 고감도 센서를 제공하는 것이다.
- [7] 본 발명이 해결하고자 하는 다른 기술적 과제는 상기 고감도 센서의 제조방법을 제공하는 것이다.

과제 해결 수단

- [8] 상기 기술적 과제를 해결하기 위하여 본 발명은,
[9] 지지체; 및
[10] 상기 지지체의 적어도 일면 상에 형성되는 전도성 박막;을 구비하며,
[11] 상기 전도성 박막이, 서로 마주하면서 적어도 일부 면이 서로 접촉하고 있는

크랙면을 갖는 크랙을 포함하고, 외부 물리적 자극에 따라 상기 크랙면이 이동하면서 접촉면적이 변화하거나 단락 혹은 재접촉되면서 전기적 저항이 변화하게 되고 이 변화를 측정함으로써 외부 자극을 측정하는 고감도 센서를 제공한다.

- [12] 상기 다른 기술적 과제를 해결하기 위하여 본 발명은,
- [13] 지지체의 적어도 일면 상에 전도성 박막을 형성하는 단계; 및
- [14] 상기 전도성 박막에 크랙을 유도하는 단계;를 포함하는 고감도 센서의 제조방법을 제공한다.

발명의 효과

- [15] 본 발명의 고감도 센서는 지지체의 일면 상에 크랙이 형성된 전도성 박막을 이용하여, 높은 감도로 압력 및/또는 진동을 측정할 수 있게 된다. 이와 같은 고감도 센서는 진동센서, 압력센서, 스트레인게이지 등 다양한 용도로 활용가능하며, 플렉시블한 구조체를 형성할 수 있으므로 인공피부 및 음성인식 시스템 등 다양한 용도에 활용할 수 있다.
- [16] 상기 고감도 센서는 간단한 공정으로 대량 생산이 가능하므로 매우 높은 경제성을 갖는다.

도면의 간단한 설명

- [17] 도 1은 본 발명의 일구현예에 따른 백금 박막에 형성된 미세 크랙을 나타낸다.
- [18] 도 2는 본 발명의 일구현예에 따른 고감도 센서의 개략도를 나타낸다.
- [19] 도 3은 실시예 1에서 제조된 고감도 센서를 나타낸다.
- [20] 도 4는 실시예 1에서 제조된 고감도 센서의 부분 확대도를 나타낸다.
- [21] 도 5는 실시예 1에서 제조된 고감도 센서의 크랙 부분 확대도를 나타낸다.
- [22] 도 6은 실시예 1에서 제조된 고감도 센서의 크랙 부분 원자힘 현미경 사진을 나타낸다.
- [23] 도 7은 실시예 1에서 제조된 고감도 센서의 구부림 횟수에 따른 저항값의 변화를 나타낸다.
- [24] 도 8은 실시예 1에서 제조된 고감도 센서에 가해지는 스트레인 크기에 따라 크랙면이 벌어지는 정도를 보여주는 사진이다.
- [25] 도 9는 실시예 1에서 제조된 고감도 센서에 가해지는 스트레인 변화에 따른 전기저항의 변화를 나타내는 그래프이다.
- [26] 도 10은 실시예 1에서 제조된 고감도 센서의 스트레인 변화에 따른 전도도 특성을 나타내는 그래프이다.
- [27] 도 11은 실시예 2에서 제조된 패턴을 갖는 고감도 센서의 일예를 나타낸다.
- [28] 도 12는 실시예 2에서 제조된 패턴을 갖는 고감도 센서의 압력 측정 과정을 나타낸다.
- [29] 도 13은 실시예 2에서 제조된 패턴을 갖는 고감도 센서의 압력 측정 결과를 나타낸다.

- [30] 도 14는 실험예 3에 따른 바이올린 주파수의 측정 결과를 나타낸다.
- [31] 도 15는 실시예 1에 따른 고감도 센서를 성대에 부착시킨 사진을 나타낸다.
- [32] 도 16은 실험예 4에 따른 음성 인식 측정 결과를 나타내는 그래프이다.
- [33] 도 17은 실험예 5에 따른 물방울 압력 측정 장치를 나타내는 개략도이다.
- [34] 도 18은 실험예 5에서 물방울 압력 측정 결과를 나타내는 그래프이다.
- [35] 도 19는 실험예 6에 따른 맥박의 측정 결과를 나타낸다.
- [36] 도 20은 실험예 7에 따른 압력 측정 장치를 나타내는 개략도이다.
- [37] 도 21은 실험예 7에 따른 압력 측정 결과를 나타내는 그래프이다.
- [38] 도 22는 실험예 7에 따른 압력 측정 결과를 나타내는 그래프이다.

발명의 실시를 위한 최선의 형태

- [39] 본 발명은 다양한 변환을 가할 수 있고 여러 가지 실시예를 가질 수 있는 바, 특정 실시예들을 도면에 예시하고 상세한 설명에 상세하게 설명하고자 한다. 그러나, 이는 본 발명을 특정한 실시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변환, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다. 본 발명을 설명함에 있어서 관련된 공지 기술에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 흐릴 수 있다고 판단되는 경우 그 상세한 설명을 생략한다.
- [40] 이하, 본 발명의 구현예에 따른 크랙 함유 고감도 센서에 대하여 보다 상세하게 설명한다.
- [41] 본 발명의 일구현예에 따른 고감도 센서는 지지체; 및 상기 지지체 상에 형성되는 전도성 박막;을 구비하며, 상기 전도성 박막은 서로 마주하고 있는 크랙면을 갖는 미세 크랙을 포함하고, 서로 마주하고 있는 크랙면이 외부 환경의 변화에 따라 움직이면서 전기적 특성이 변화하는 것을 이용하는 고감도 센서이다.
- [42] 일반적으로 금속의 박막은 증착시 금속의 작은 핵이 형성되고 그 핵이 성장하면서 그레인 바운더리 (grain boundary)를 형성하며 박막으로 형성된다. 이러한 금속의 그레인 바운더리는 외부로부터 변형이 왔을 때 그 바운더리 주변에 스트레스가 축적됨에 따라 상기 그레인 바운더리를 따라 크랙이 형성된다. 이러한 크랙은 여러 가지 결함을 유발하는 결함으로 인식되어 지금까지는 이를 최소화시키는 방법 위주로 발전되어 왔다.
- [43] 본 발명에서는 상기 전도성 박막의 크랙이 가지는 미세 접합 구조 (interconnection)를 인위적으로 만들고 이를 통해 매우 작은 변위 또는 압력이나 진동의 변화를 감지하는 전기적 센서로 활용하게 된다. 즉, 전도성 박막의 형성시 발생한 그레인 바운더리를 따라 형성시킨 크랙 중에는 서로 마주하면서 적어도 일부면이 서로 접촉하고 있는 크랙면을 갖는 크랙이 존재하게 되고 진동이나 압력 변화와 같은 외부 자극을 가할 경우 애초에 접촉되어 있던 크랙면이 이동하면서 접촉 면적이 바깥에 따라 전기적 저항이 변화하거나

전기적 단락(short)이나 개방(open)이 형성되어 상기 전도성 박막상의 저항값의 변화가 크게 발생하게 되며, 이를 검출함으로써 상기 전도성 박막 구조체를 변위 센서, 진동 센서, 압력 센서, 스트레인 게이지와 같은 고감도 센서로서 활용이 가능하게 된다.

- [44] 일구현예에 따르면, 상기 전도성 박막에 존재하는 크랙은 다양한 형태를 가질 수 있으며, 이와 같은 형태는 상기 전도성 박막의 그레인 바운더리의 형태에 따라 달라질 수 있다. 또한 상기 크랙이 발생하는 정도 또한 전도성 박막의 두께, 형성 조건 등에 따라 달라질 수 있으며 특별히 제한되지 않는다.
- [45] 예를 들어, 도 1에는 백금 박막 상에 형성된 크랙이 도시되어 있다. 상기 도 1에 도시된 크랙은 지지체 상에 형성된 약 20 nm 정도의 두께의 백금 박막을 구부러 형성된 나노 크기 크랙 구조체의 부분 확대도를 나타내며, 여기서 크랙은 한 방향으로 즉 그림의 수직 방향으로 발생되어 있으며 크랙선이 서로 연결되어 있지 않거나 (점선박스로 표시한 부분), 길게 연결된(실선박스로 표시한 부분) 구조를 갖는다.
- [46] 도 1의 실선 박스에 있는 크랙선을 확대하여 보면 서로 마주 보는 크랙면과 서로 접촉되어 있는 크랙면이 존재하거나 이웃하는 크랙과 약간의 간격을 가지고 이격되어 있는 단부를 갖는 크랙면이 존재하게 된다. 서로 접촉되어 있는 크랙면은 외부 물리적 자극에 의해 서로 이동하면서 접촉 면적이 달라지거나 이격될 수 있으며 이에 따라 전기적 저항이 바뀌어 전기적 단락이 발생할 수 있으며, 외부 물리적 자극으로 이격되었던 크랙면이 다른 외부 자극의 변화로 다시 접촉하여 전기적 저항의 변화를 발생하게 된다. 외부 자극에 의해 애초에 접촉되어 있던 크랙면이 이동하면서 상기 전도성 박막의 전기적 저항값이 증가하게 되고, 이를 측정함으로써 상기 외부자극의 유무, 강도 등을 알 수 있게 된다. 또한 애초에 접촉하지 않고 수 nm 간격으로 이격되어 있던 크랙면도 외부 자극에 따라서는 접촉될 수 있어 전기적 저항의 변화를 일으킬 수 있다.
- [47] 상기와 같은 크랙 함유 전도성 박막에 사용될 수 있는 금속은 그레인을 가지고 결정성 박막으로 성장할 수 있는 금속, 즉 다결정성을 갖는 금속이라면 제한 없이 사용할 수 있으며, 예를 들어 백금, 니켈, 구리, 금, 은, 철, 크롬, 마그네슘, 아연, 주석, 알루미늄, 코발트, 망간, 텅스텐, 카드뮴, 팔라듐, 탄소 또는 이들의 2종 이상 혼합물 또는 합금을 사용할 수 있다. 센서의 감도를 높이기 위해서는 외부 자극이 없을 때 전기 저항이 작다가 외부 자극으로 크랙면이 접촉하는 정도의 변화에 따라 전기적 저항의 변화가 큰 것이 바람직하므로 백금, 구리, 알루미늄 등 전도성이 높은 금속 박막이 고감도의 센서를 제작하는 데 유리하다.
- [48] 일구현예에 따르면, 상기 전도성 박막은 그 두께가 한정되는 것은 아니나 인장 및 구부림 등의 기계적 방법에 의해 크랙이 형성될 수 있는 정도의 두께를 갖는 것이 바람직하며, 이와 같은 크랙의 형성 조건은 각 금속의 종류에 따라 달라질 수 있다. 예를 들어 상기 전도성 박막의 두께로서 약 20 내지 40 nm, 또는 약 60 nm 를 예로 들 수 있다.

- [49] 상기 전도성 박막이 형성되는 지지체로서는 필름 형태의 폴리머를 예시할 수 있으며, 이와 같은 지지체는 단일층 혹은 다중층 구조를 가질 수 있다. 상기 지지체가 다중층 구조를 갖는 경우, 베이스 필름 상에 연질 폴리머층이 형성된 구조를 가질 수 있으며, 이와 같은 연질 폴리머로서는 폴리우레탄 아크릴레이트, 폴리스티렌, 폴리에틸렌 글리콜, 놀랜드 옵티칼 접착제(NOA) 등을 사용할 수 있으며, 상기 베이스 필름으로서는 폴리에틸렌 테레프탈레이트 필름, 폴리이미드, 폴리디메틸실록산(PDMS) 등을 예시할 수 있으나 이에 한정되는 것은 아니다.
- [50] 상기 지지체는 약 20 내지 50 μm 의 두께를 가질 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다.
- [51] 상기 지지체가 베이스 필름 및 연질 폴리머층을 함유하는 다중층의 경우, 상기 베이스 필름은 약 20 내지 50 μm 의 두께를 가질 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다. 또한 상기 연질 폴리머층은 약 1 내지 10 μm 의 두께를 가질 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다.
- [52] 상기 전도성 박막은 상기 지지체의 적어도 일면 상에 형성될 수 있으며, 전도성 박막이 상기 지지체 상에 형성된 후, 그 위에 추가적인 층이 더 형성될 수 있다. 이와 같은 추가층으로서는 상술한 연질 폴리머층 등이 가능하다.
- [53] 상술한 바와 같은 본 발명의 크랙 함유 고감도 센서는 이하의 방법으로 제조할 수 있다.
- [54] 우선, 통상의 방법으로 지지체를 형성한 후, 그 위에 증착 등의 방법을 사용하여 상기 지지체의 적어도 일면 상에 전도성 박막을 형성할 수 있다. 이후 상기 전도성 박막에 크랙을 유도할 수 있다.
- [55] 일구현예에 따르면, 상기 지지체로서는 얇은 필름 형태의 베이스 필름을 사용할 수 있으며, 예를 들어 약 20 내지 50 μm 의 폴리에틸렌 테레프탈레이트 필름, 폴리이미드, 폴리디메틸실록산 등을 사용할 수 있다. 이 때 지지체는 전기가 통하지 않는 물질이면 어떤 것이든 무방하며, 많은 인장력이 필요한 조건인지 아니면 고감도의 인장/힘 센서가 필요한 조건인지 혹은 고감도의 진동이 필요한 조건인지에 따라 적절히 선택할 수 있으며, 두께 또한 적용 분야에 따라 적절히 선택할 수 있다.
- [56] 이와 같은 단일층 지지체 위에 전도성 박막을 직접 형성할 수 있으나, 전도성 박막과의 접착력 및 구부림 특성, 크랙의 밀도와 형태를 조절하기 위해 상기 지지체 상에 추가적으로 연질 물성을 갖는 폴리머층을 더 형성할 수 있다. 이와 같은 추가적인 폴리머층을 통해 전도성 박막이 지지체와 더 단단하게 결합할 수 있으며, 늘림이나 구부림 등이 용이해져 크랙의 형성이 용이해질 수 있다. 이외에도 금속과의 모듈러스 차이를 조절하여 크랙의 조밀함 정도와 길이 모양 등을 조절할 수 있는 장점이 있다. 이는 본 발명의 센서의 감도 및 진동 주파수 인식 범위 등을 조절하는데 중요한 역할을 할 수 있다.
- [57] 상기와 같은 폴리머층으로서는 폴리우레탄 아크릴레이트(PUA),

폴리스티렌(PS), 폴리에틸렌 글리콜, 놀랜드 옵티칼 접착제(NOA), 폴리디메틸실록산(PDMS)와 같은 형태를 사용할 수 있으나 이 외의 더 다양한 물질이 사용 가능하다. 이 때 도포 방법은 재질에 따라 상이한 절차를 밟게 되는데, PUA, PEG, NOA 같은 경우 UV 경화성 물질로 자외선(I-line; 365 nm)을 조사한 후에는 딱딱한 고체가 되지만 처음 상태는 액상 형태로 되어 있으므로 스핀 코팅 등의 방법 (즉 빠른 회전을 이용하여 일정 두께로 도포하는 방법)을 이용하여 균일한 두께의 박막을 형성할 수 있다. 이때 회전 속도에 따라 도포하는 두께를 조절할 수 있으며, 물질의 점도(viscosity)나 주위 환경의 습도 등에 영향을 받을 수 있다.

- [58] 이 외에 도포할 수 있는 방법으로 예를 들어 결정형 실리콘 웨이퍼를 사용할 수 있으며, 표면의 거칠기가 극도로 작아 평평한 표면을 형성할 수 있다. 예를 들어 지지층의 적어도 일면 상에 스포이드를 이용해 자외선 경화성 액상 폴리머를 일정량 뿌려준 후, 결정형 실리콘 웨이퍼를 덧대고 압착하면 균일한 도포가 이루어진다. 이때 압착하는 힘을 조절함으로써 폴리머층의 두께를 조절할 수 있다. 예를 들어 10 내지 30 Pa 압력으로 10 내지 60분 가량 압착을 하면 두께가 1 내지 10 μ m의 범위로 형성된다. 이 때 압착으로 인해 실리콘과 지지층 사이에 갇힌 액상 폴리머가 잘 나올 수 있도록 유도할 수 있으며, 휴지나 기름종이 같은 것으로 흡착을 하는 것도 가능하다. 이와 같은 방법으로 도포된 폴리머층은 자외선 챔버(365 nm파장)에 넣고 UV를 예를 들어 30초 내지 5분 정도 경화시키면 얇은 박막의 형태로 형성할 수 있다.
- [59] 그 밖에 PS와 같은 물질의 경우 유기용매인 톨루엔에 가용성인 바, 이를 이용하여 톨루엔에 녹인 후 스핀코팅을 통해 지지층 위에 얇게 도포하는 방법을 사용할 수 있다. 이때 도포한 이후 핫플레이트나 오븐을 이용하여 약 30 내지 80°C 정도의 환경에서 1 내지 30분 가량 톨루엔을 증발시키면 다시 얇은 박막형태를 형성할 수 있다.
- [60] 상기와 같이 단일층, 혹은 다중층의 형태로 지지체를 형성한 후, 그 위에 전도성 박막을 형성할 수 있다. 상기 전도성 박막은 통상의 증착 방법, 예를 들어 화학기상증착법(CVD), 스퍼터링, 전자총 증착법(E-gun evaporation), 열증착법(Thermal evaporation) 등의 방법을 통하여 박막 형태로 형성할 수 있다. 이러한 전도성 박막을 형성할 수 있는 금속으로써는 상술한 바와 같은 금속들을 1종 이상 사용할 수 있다. 또한 이 때 금속층의 종류뿐 아니라 두께, 같은 두께라도 증착 조건에 따른 막질의 상태에 따라 크랙이 형성되는 양상이 달라진다. 본 발명에서는 스퍼터링 방법을 통해 전기전도도가 우수한 백금 등을 사용하였으며, 증착 두께가 얇을수록 크랙형성이 용이한 성질을 이용해 소정 범위의 두께를 증착하였다. 이때 전도성 박막층이 지나치게 얇아지면 전기 특성이 나빠지므로 적당한 두께를 올리는 것이 좋다.
- [61] 또한 금속을 올릴 때, 앞서 언급한 가운데 구멍이 뚫린 형태의 금속 웨도우 마스크를 폴리머층 위에 올린 후 증착을 하면 센서의 모양을 다양하게

변형하는데 용이하다. 예를 들어 길이 방향의 필름 중앙 부분의 소정 크기를 갖는 노치를 형성할 수 있다. 이 때 노치 모양은 크랙을 형성하는 부위를 구분하기 위한 것으로 필수적인 조건은 아니다.

- [62] 이와 같이 지지체 상에 전도성 박막을 형성한 후, 여기에 크랙을 형성할 수 있다. 이러한 크랙은 그레인 바운더리를 따라 형성될 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니며, 다양한 형태로 불규칙하게 형성될 수 있다. 하지만 외부 조건을 통해 평균적인 형태의 변화를 줄 수 있는데, 크랙을 형성하는 방법은 크게 인장 및 벤딩과 같은 물리적 방법과 식각액을 이용한 화학적 방법이 있다. 지지체가 폴리머인 경우 물리적 방법이 바람직하며 예를 들어 1 내지 10 mm 직경을 가지는 유리 막대에 필름을 감는 방법(**pure bending**)으로 크랙을 형성할 수 있다. 이 때 금속층의 두께 및 막질의 상태에 따라 크랙 형태가 달라질 수 있음은 당연하다.
- [63] 상기 크랙 형성 방법으로서 기계적 방법인 늘림의 경우 지지체가 늘어나는 성질을 갖는 경우 유용하게 사용할 수 있으며, 지지체의 양 끝에 인장력, 즉 잡아당기는 힘을 가함으로써 지지체 상에 존재하는 단단한 구조의 전도성 박막이 자신의 인장 한도를 벗어나는 힘을 받게 되어 크랙이 형성되게 된다. 상기 인장력이 부족한 경우 크랙의 형성이 부족할 수 있으며, 인장력이 강한 경우 전도성 박막 자체의 파손이 우려되므로 박막 두께에 따라 적절한 정도의 인장력을 가할 수 있다. 지지체가 늘어나는 성질을 갖는 경우 늘림이라는 기계적 방법 외에 구부림이라는 방법 또한 사용가능하다.
- [64] 이와 같은 늘림 방법의 경우, 상기 전도성 박막의 전반에 걸쳐 고르게 크랙을 형성할 수 있다. 이때 인장력의 크기 등을 제어하여 상기 크랙의 발생 크기 및 정도 등을 적절히 제어하는 것이 가능하다. 이와 같은 크랙은 상기 인장력이 해제된 상태에서도 여전히 존재하게 되어 미세한 접합 구조체를 형성하게 된다.
- [65] 상기 지지체가 늘어나는 성질을 갖지 않는 필름 형태인 경우, 상기 필름의 양쪽 끝에 인장력을 가하더라도 그 늘어나는 정도가 제한적이므로 상기 전도성 박막에 형성되는 크랙의 정도가 미미할 수 있다. 이런 경우 기계적 방법으로서 구부림 방법을 사용할 수 있다. 이와 같은 구부림 방법은 상기 전도성 박막이 구부러지는 영역에서 주로 크랙이 발생하므로 크랙이 발생하는 영역을 제어하기 용이하며, 구부림 각도 등을 제어하여 크랙의 크기, 정도, 생성 영역 등을 조절하는 것도 용이해진다.
- [66] 이와 같은 방법에 의해 형성되는 크랙은 미세한 두께를 가질 수 있으며, 나노 수준의 두께, 예를 들어 0.1 내지 400nm의 범위를 가질 수 있다. 이와 같은 두께는 길이 방향으로 형성된 크랙에 존재하는 가장 큰 크랙을 기준으로 측정할 수 있다.
- [67] 이와 같은 크랙의 길이나 빈도는 제한이 없으며, 사용된 박막의 크기나 가해지는 늘림이나 구부림 정도 등에 따라 달라질 수 있다. 상기 크랙의 두께나 길이 등과 같은 물리적 요소에 따라 상기 크랙에 따른 미세 접합 구조가 달라질

수 있으며, 그에 따라 이들이 나타내는 전기적 성질이 달라 수 있다.

- [68] 도 2는 일구현예에 따른 크랙 함유 고감도 센서의 개략도를 나타낸다. 도 2에 도시한 바와 같이 지지체(1, 2) 상에 전도성 박막(3)이 형성되어 있으며, 상기 지지체는 베이스 필름(1)을 구비하며, 필요시 상기 베이스 필름(1) 상에는 연결 폴리머층(2)이 더 형성되어 있다. 상기 전도성 박막(3)의 양 말단은 전기적으로 서로 연결되며, 그 중간에 검출기(4)가 존재하게 된다. 상기 검출기(4)는 주로 상기 전도성 박막의 전기적 저항값을 검출하게 되는 바, 미세한 저항값을 측정해야 하므로 일반적인 전류계와 같이 직렬로 상기 전도성 박막에 연결될 수 있다.
- [69] 상기 본 발명에 따른 크랙 함유 고감도 센서는 나노 수준의 크랙을 사용하여 외부 자극을 측정하므로 매우 낮은 저항을 갖는 가역적 전기 접합 센서이며, 또한 압력, 스트레인(strain), 진동(vibration)을 측정할 수 있는 다기능 센서이다. 또한 전도성 박막을 지지하는 지지체로서 플렉시블한 재료를 사용하기 때문에 휘어질 수 있는 특성을 가질 수 있다. 아울러 작은 압력과 힘에도 미세하게 반응하며, 검출기로 측정할 수 있는 압력과 힘의 범위에서 작은 변화에도 크게 반응하는 민감도를 보인다.
- [70] 한편, 상기 크랙, 즉 나노 수준의 접합구조는 측정 후, 원 상태로 쉽게 복귀되므로, 반복적으로 사용하여도 측정값의 편차가 거의 존재하지 않으며, 소재 및 구조가 단순하고 저렴하여 생산이 용이한 장점을 가지고 있다. 때문에 여러 분야에 응용될 수 있다.
- [71] 우선, 가역적 전기 센서에 이용될 수 있는데, 크랙이 가지는 나노 스케일의 접합구조를 이용하는 상기 크랙 함유 고감도 센서는, 매우 낮은 전기 저항값을 가지게 되며, 이를 통해 높은 감도를 얻을 수 있다. 즉, 가역적 전기접합 시스템을 갖는 상기 고감도 센서는 나노수준의 크랙면이 외부의 물리적 자극에 따라 이동하면서 접촉면적이 바뀌거나, 단락 또는 재접촉 되면서 전기적 특성이 크게 변화하게 되면서 매우 높은 감도를 나타낼 수 있으며, 예를 들어 게이지 팩터는 대략 1 내지 5×10^8 의 값을 가질 수 있으며, 압력 감도는 대략 약 0.1 내지 1,000 KPa^{-1} 로 높은 수준의 감도를 가질 수 있다. 또한 플렉시블 지지체와 같은 다양한 용도에 적용이 가능하며 반복적으로 사용할 수 있는 특징이 있다.
- [72] 이와 다른 분야로는 인공 피부를 예시할 수 있다. 진화 발생상 하위에 있는 생물들은 피부의 재생력이 매우 강하다. 그러나 진화 발생상 상위에 있는 생물일수록 재생력이 저하되는데, 사람의 경우에는 다른 생물에 비해 가장 약하다고 볼 수 있다. 작은 상처가 났을 경우 손상된 피부가 저절로 낫기도 하지만, 화상과 같이 심각한 손상에서는 재생이 불가능한데, 이런 경우 사용되는 것이 인공피부이다. 이와 같은 분야에서 현재 큰 이슈 중 하나는 자극을 감지할 수 있는 인공피부이다. 콜라겐 등으로 만들어지는 인공피부의 특성상 외부 자극을 감지할 수 없는데, 몸의 가장 바깥쪽에 위치하는 피부의 특성상 자극의 감지는 필수적이기 때문이다. 따라서 본 발명에 따른 고감도 센서는, 단일

전도성 박막에 존재하는 미세 접합 구조의 저항 변화를 이용하기 때문에 매우 얇게 제작할 수 있으며, 아주 작은 자극에도 반응할 수 있다는 점에서 인공 피부에 적합하다. 또한 압력, 인장뿐 아니라 진동도 동시에 인식이 가능하여 실제 피부와 유사한 성능을 발휘하며 반복적으로 자극을 감지할 수 있는 장점이 있다. 또한 플렉시블한 소재로 만들어지기 때문에 휘어질 수 있다는 점 또한 인공 피부에 적용되기 용이하다.

- [73] 전도성 박막 이외에도 음성인식 시스템을 예시할 수 있다. 기존의 음성인식 시스템은 공기를 통해 전해지는 소리신호를 마이크로 인식하고 이를 음절 또는 음소 단위로 구분하여 기존의 데이터베이스와 매칭하는 방법으로 이루어지며, 조용한 환경에서 매우 높은 인식률을 보여주고 있다. 그러나 소음이 섞일 경우 화자의 음성과 소음을 구분해내는 것이 대단히 어렵고 이로 인해 인식률이 현저히 떨어지는 문제를 가지고 있다. 따라서 본 발명에 따른 고감도 진동 센서는, 피부에 부착할 경우 공기를 통해 전해지는 소음은 걸러내고 피부를 통해 전해지는 화자의 진동만을 인식하여 인식률을 현격히 높이는 장점을 가진다.
- [74] 다음은 본 발명의 실시예 및 비교예를 들어 보다 구체적으로 설명하고자 한다. 다만, 하기 실시예 및 비교예는 본 발명의 예시에 불과한 것으로서 본 발명의 범위를 이들로 한정하는 것은 아니다.

발명의 실시를 위한 형태

- [75] 실시예 1
- [76] 크기 70mm X 70mm 크기의 충분히 넓은 50 μ m의 두께를 가진 폴리에틸렌 테레프탈레이트(PET) 베이스 필름 위에 액상의 폴리우레탄 아크릴레이트를 도포한 후, 평평한 실리콘 웨이퍼를 올리고 2Kg 정도의 책을 올리고 30분 정도 방치하였다. 이어서, 책을 분리하고 웨이퍼가 결합된 상태로 지지층이 자외선 램프를 향하도록 한 후 365nm의 자외선을 1분 정도 조사하여 약 3 μ m 두께의 연질 폴리머층을 상기 베이스 필름 상에 형성하였다.
- [77] 상기 지지체의 일면 상에 8mm X 35 mm 정도의 크기를 가지고, 중앙 부분에서 5 mm 정도의 오목한 모양의 SUS 웨도우 마스크(두께 약 200 μ m)를 덧댄 후 스퍼터를 사용하여 백금을 증착함으로써 두께 20nm의 백금 박막을 형성하였다. 이때 스퍼터는 무한진공사의 MHS-1500 모델을 사용하였으며, 증착 조건으로서 이하의 조건을 사용하였다.
- [78] Power: RF300W, Base Pressure: 3.0X10⁻⁶ Torr, Process Pressure: 5 mTorr, Distance: 140 mm, Time: 36~40 sec
- [79] 이어서, 상기 마스크를 이용해 모양이 형성된 메탈 증착 베이스 필름을 마스크 모양을 따라 1mm 정도 이격하여 10 mm X 37 mm 크기의 네모난 모양으로 칼이나 가위를 이용해 잘라내었다. 이렇게 형성된 직사각형 모양의 필름을 양 말단을 잡고 앞서 언급한 중앙부의 오목한 영역을 1 mm, 2 mm, 3 mm 크기의 곡률반경을 가지는 유리 막대에 말아 상기 백금 박막에 나노 수준의 크랙을

형성하여 크랙 함유 고감도 센서를 제조하였다. 이때 텐션의 정도에 따라 크랙의 양상이 달라질 수 있으므로 가능한 순수 구부림(pure bending)을 진행하도록 하였다.

[80] 다음으로 센서의 양단에 전도성 물질로서 실버 페이스트를 바르고 전선을 연결하여 크랙 함유 고감도 센서를 제작하였다.

[81] 제조한 고감도 센서의 SEM 사진을 도 3에 도시하였다. 도 4는 상기 고감도 센서의 확대사진이며, 여기서 오목부 중앙 영역의 확대도를 도 5에 도시하였다.

[82] 도 5에 도시된 바와 같이 상기 백금 박막에 미세 크랙이 형성되었음을 알 수 있다.

[83] 도 6은 상기 백금 박막에 존재하는 미세 크랙의 AFM(원자힘 현미경) 사진이며, 이를 통해 상기 백금 박막에 나노 수준의 크랙이 형성되었음을 보다 명확히 알 수 있다.

[84] 실험예 1: 구부림 반복 실험

[85] 실시예 1에서 제조한 크랙 함유 고감도 센서를 수십 마이크로 수준의 인장을 조절할 수 있는 인장시험기(인스트론사 제품)에 양단을 고정된 후(게이지 길이 25 mm, 필름 타입이므로 게이지 마크 제거), 수축하는 방향으로 0, 2, 4, 6 mm 각 네 길이를 대하여 10,000번의 구부림을 반복하여 실시한 후, 구부림 1회, 10회, 100회, 1,000회 및 10,000회에서 저항값의 변화를 측정하여 도 7에 도시하였다. 이 때 인장시험기 양단 필름을 잡는 그립부분이 전기가 통하는 시스템이므로 이 부분에 물리는 센서의 양단 메탈층은 벗겨내었다.

[86] 상기 실험에서 저항값 수집은 센서 양단에서 나온 두 개의 전극을 검출기에 연결한 후 이 검출기를 전용 케이블을 통해 다시 컴퓨터에 연결하고 텍스트 파일 형태로 수집하였다. 이때 검출기는 네셔널 인스트루먼트사에서 제작한 PXI-4071 제품을 사용하였으며 이때 초당 샘플링 레이트는 100으로 하였다.

[87] 도 7에 도시된 그래프에서 알 수 있는 바와 같이, 10,000회의 구부림을 반복하더라도 저항값의 결과에서 큰 변화가 없음을 알 수 있다. 따라서 상기 실시예 1에 따라 제조된 고감도 센서의 경우 반복하여 사용하여도 그 크랙 구조의 변화가 거의 없음을 알 수 있다.

[88] 실시예 1에서 제조한 센서를 인장하면서 크랙면이 벌어지는 것을 측정하였으며 이를 도 8에 나타내었다. 스트레인이 가해지면서 서로 마주하는 크랙면이 벌어지게 되며 그 간격은 초기에 수 나노미터였다가 스트레인 1%에 약 60-70 nm가 되며 1.5% 스트레인의 경우에도 여전히 접촉되어 있는 크랙면이 존재함을 알 수 있다(도 8의 실선 박스 부분). 즉 스트레인이 가해 짐에 따라 접촉되어 있는 크랙면이 이동하면서 접촉면적이 바뀌거나 더 큰 스트레인이 주어지는 경우 애초에 접촉되어 있던 크랙면이 이격될 수 있음을 잘 보여준다.

[89]

[90] 실험예 2

[91] 위의 센서를 인장을 가하면서 도 2와 같은 형태로 전류를 가하면서 저항의

변화를 측정하였다. 도 9는 실시예 1에서 제조된 고감도 센서에 가해지는 스트레인 변화에 따른 전기저항의 변화를 나타내는 그래프이다. 구체적으로 도 9a는 1 mm/min의 속도로 최대 2% 스트레인까지 인장하였다가 다시 원래 상태 즉 0% 스트레인 상태로 가면서 측정한 전기저항의 변화를 나타낸 것이고, 도 9b는 0.1 mm/min의 속도로 2% 스트레인까지 인장한 후에 다시 원래 상태 0% 스트레인 상태로 가면서 측정한 전기저항의 변화를 나타낸다.

- [92] 도 9a에 나타낸 바와 같이 1 mm/min의 속도로 최대 2% 스트레인까지 인장하였다가 다시 원래 상태 즉 0% 스트레인 상태로 가면서 전기저항의 변화를 측정하였을 때 전기저항의 변화가 초기 저항의 35배까지 변화함을 알 수 있었으며 반복적으로 같은 형태의 저항 변화를 재현성 있게 얻을 수 있었다. 이는 서로 접촉하고 있던 크랙면이 스트레인이 가해짐에 따라 이동하면서 접촉면적이 적어지고 결국은 이격되면서 전기 저항이 급격하게 증가하는 데에 기인하며 스트레인을 제거함에 따라 센서가 수축되면서 이격되었던 크랙면이 접촉하게 되고 접촉면적이 증가함에 따라 저항이 줄어들면서 원래 상태로 돌아온다. 도 9b는 인장 속도 0.1 mm/min으로 인장 하면서(loading) 저항의 변화를 측정한 것으로 2%에서 초기 저항의 40배 이상 증가하며 스트레인을 제거하면서(unloading) 원래 저항 값으로 돌아오는 가역적 변화를 나타낸다. 인장 속도에 따라 저항변화가 달라지게 되고 0.1 mm/min의 경우 2% 스트레인에서 저항변화/초기저항/스트레인으로 정의 되는 센서의 감도가 2000 이 넘게 됨을 알 수 있다.
- [93] 도 9b의 내부 그림은 실시예 1에서 제조된 패턴을 갖지 않는 백금 박막의 저항값의 변화를 나타내며, 크랙이 없는 백금 박막의 경우 저항변화가 미미함을 보여주고 있다. 도 9b의 theory는 이론적 모델링을 말하며 실험치와 잘 일치하고 있다.
- [94] 도 10은 실시예 1에서 제조된 고감도 센서의 스트레인 변화에 따른 전도도 특성을 나타내는 그래프이다. 구체적으로 도 10은 S(초기저항 R0/저항 R)을 표시한 그래프(10a)와 전도도를 스트레인에 따라 미분한 후 음의 값을 취한 그래프(10b)를 나타낸다.
- [95] 도 10a를 참조하면, 스트레인을 가할 때 크랙면과의 간격이 벌어지게 되면서 크랙 함유 박막의 전도도가 감소하게 된다. 도 10a의 내부그림은 초기 전도도의 변화를 확대한 그림이며, 전도도가 주어지는 스트레인에 따라서 수많은 변동을 나타낼 수 있다. 이 변동하는 전도도를 스트레인에 따라 미분한 후 음의 값을 취하면 도 10b와 같이 나타낼 수 있다. 수많은 양의 값과 음의 값을 가지는 피크들로 나타낼 수 있으며 이 결과는 전도도가 스트레인이 가할 때 변화하는 변동으로부터 기인한다. 도 10b의 양의 값의 피크는 서로 마주하고 있으면서 애초에 접촉되었던 크랙면이 스트레인이 가해질 때 이격되는 순간을 나타내고 음의 값은 이격되었던 크랙면이 인장되는 방향에 수직 방향으로 센서가 수축되면서 다시 다른 크랙면과 재접촉하는 순간을 나타낸다. 폴리머 지지체는

포아송 비가 양의 값을 가지므로 인장되면 인장 방향에 수직 방향으로 수축하게 된다. 양의 피크와 음의 피크의 100개의 데이터를 평균한 값을 빨간 색으로 나타내었으며 양의 값을 가지게 됨을 알 수 있으며 이는 인장이 가해지면 서로 마주하고 있는 수많은 크랙면이 이격, 재접촉되는 과정을 통하여 평균적으로는 박막의 전도도가 감소하는 결과를 보여주고 있다. 이는 인장이 가해 질 때 박막의 저항이 증가하는 도 9와 일치하는 경향을 보여주고 있다.

- [96] 도 10b의 내부그림은 실시예 1에서 제조된 패턴을 갖지 않는 백금 박막의 전도도를 스트레인에 따라 미분한 후 음의 값을 취한 것을 나타낸다. 도 10b의 내부 그림은 크랙이 없는 경우를 말하며 그 크기가 크랙이 있는 경우에 비하여 매우 적음을 알 수 있다.
- [97]
- [98] 실시예 2
- [99] 도 11에 기재한 패턴을 갖는 고감도 센서를 다음과 같이 제조하였다.
- [100] 우선 크기 70mm X 70 mm 크기의 충분히 넓은 50 μ m의 두께를 가진 폴리에틸렌 테레프탈레이트(PET) 베이스 필름 위에 액상의 폴리우레탄 아크릴레이트를 도포한 후 평평한 실리콘 웨이퍼를 올리고 2 Kg 정도의 책을 올리고 30분 정도 방치하였다. 이어서, 책을 분리하고 웨이퍼가 결합된 상태로 지지층이 uv 램프를 향하도록 한 후 365 nm의 자외선을 1분 정도 조사하여 약 3 μ m 두께의 연결 폴리머층을 상기 베이스 필름 상에 형성하였다.
- [101] 상기 지지체 상에 200 μ m 두께의 SUS 웨도우 마스크를 덧대고 대면적으로 스퍼터를 이용해 백금을 20nm의 두께로 증착하였다. 이때 스퍼터는 무한진공사의 MHS-1500 모델을 사용하였으며, 이하의 증착 조건을 사용하였다.
- [102] Power: RF300W, Base Pressure: 3.0X10⁻⁶ Torr, Process Pressure: 5 mTorr, Distance: 140 mm, Time: 36~40초
- [103] 이어서, 상기 베이스 필름의 양 말단을 잡고 중앙부의 오목한 영역을 1 mm 크기의 곡률반경을 가지는 유리막대에 말아, 상기 패턴 상에 형성된 백금 박막에 미세 크랙이 발생하도록 하였다.
- [104] 상기 미세 크랙이 발생한 백금박막이 형성된 지지체 상에 200 μ m 두께의 SUS 웨도우 마스크를 덧대고 대면적으로 열증착기(Thermal Evaporator)를 이용해 금 박막을 60 nm의 두께로 증착하여 제1 전극을 형성하였다. 그 위의 다시 200 μ m 두께의 SUS 웨도우 마스크를 덧대고 대면적으로 열증착기를 이용해 실리카층을 200 nm의 두께로 형성하여 절연층을 형성하였다. 이후 상기 절연층 상에 다시 금 박막을 200 μ m 두께의 SUS 마스크 및 열증착기를 이용해 60 nm의 두께로 형성하여 제2 전극을 형성하였다.
- [105] 이어서 실시예 1에서와 같이 제1 전극과 제2 전극 양단에 실버 페이스트를 이용해 전선을 연결하여 멀티채널 센서시스템을 제작하였다.
- [106] 상기 멀티채널 시스템은 8X8 = 64개의 센서로 이루어져 있으며 각각의 센서는 고립된 형태로 주위 센서와 전기적으로 연결되어 있지 않다. 각 센서당 두 개의

전극이 필요하므로 도합 128개의 전극으로 이루어져 있다. 이를 네셔널 인스트루먼트사에서 구입한 병렬버스에 각각 물리고 이를 다시 상기 실험예 1에서와 같이 PXI-4071 제품에 연결한 후, 이를 다시 컴퓨터에 연결하여 데이터를 수집하였다.

[107] 실험예 2

[108] 도 12에 도시한 바와 같이, 상기 실시예 2에서 제조한 고감도 센서의 소정 영역 위에 곤충 1마리(무당벌레, 0.02 g)와 무게가 비슷한 PDMS 조각을 각각 다른 위치에 올려 놓고, 상기 실시예 2에서 언급한 방법대로 검출기를 통해 64개의 센서의 압력에 따른 저항값을 측정하였다. 이때 64개의 채널은 서로 연결되어 있지 않으므로 각 채널의 값은 독립적으로 저장된다. 그 결과 도 13에 도시한 바와 같이 상기 곤충 및 PDMS 조각이 위치하는 곳에서 독립적으로 저항값이 변화되었음을 알 수 있다. 따라서, 상기 고감도 센서가 미세한 압력의 변화를 위치별로 정교하게 감지하였음을 알 수 있다.

[109] 실험예 3

[110] 상기 실시예 1에서 제조한 고감도 센서 양 끝단을 바이올린의 몸체에 양면 테이프를 이용해 고정시킨 후, 바이올린의 4개의 현을 각각 개방현으로 연주하여 상기 실험예 1과 같이 컴퓨터로 센서의 저항값을 측정하였다. 그 결과를 도 14에 도시하였다.

[111] 도 14에 도시된 바와 같이, 바이올린의 연주에 따라 특정 주파수의 진동이 발생한 경우, 상기 고감도 센서가 이를 감지하여 저항값의 변화가 감지되었으며, 그 강도 또한 감지되었음을 알 수 있다. 이때 주파수 그래프는 PXI-4071 장비를 통해 얻은 저항 데이터를 매트랩 프로그램을 이용해 푸리에 변환한 값이며 샘플링 레이트는 10000으로 하였다.

[112] 실험예 4

[113] 상기 실시예 1에서 제조한 고감도 센서를 3M사에서 제작한 데어덤 필름으로 도 15와 같이 인체의 성대에 밀착한 후, 음성 인식 실험을 실시하였다.

[114] 음성은 영어로 "Go", "Stop", "Jump", "Shoot"와 같이 4종을 발음하였으며, 네셔널 인스트루먼트사의 PXI-4071 장치를 통해 얻어진 저항 값을 컴퓨터에 저장 후 이를 매트랩을 이용해 스펙트로그램으로 변환하였다. 이때 샘플링 레이트는 10000이며, 스펙트로그램 WINDOW는 500으로 하였다. 이를 C++ MFC 라이브러리로 학습과정을 거쳐 음성인식 모델을 만들었다. 음성인식 모델로 분석한 결과 도 16과 같이 해당 음성이 상기 고감도 센서를 통해 그대로 인식되었음을 알 수 있다.

[115] 실험예 5

[116] 도 17에 도시한 바와 같이, 상기 실시예 1에서 제조한 고감도 센서를 초소수성 표면을 가지는 슬릿 아래에 접촉시켜 위치시킨 후, 상기 표면 상에 30 mm 높이에서 3 μ l의 물방울을 적하시켜 그 결과를 도 18에 도시하였다. 이때 동영상촬영은 초당 1,000 프레임으로 찍었다. 도 18에 도시된 바와 같이, 상기

초소수성 표면 상에서 물방울이 튀는 순간마다 상기 고감도 센서의 저항값이 변화되었음을 알 수 있다.

[117] 실험예 6

[118] 상기 실시예 1에서 제조한 고감도 센서의 양 끝단을 양면 테이프를 이용해 손목에 부착한 후, 맥박에 따른 저항값의 변화를 측정하여 도 19에 도시하였다. 이때 실리콘 오일과 같은 무극성 물질을 손목에 발라주면 접촉성이 좋아져 보다 민감한 측정 데이터를 얻을 수 있다. 도 19에 도시한 바와 같이, 맥박의 진동 및 압력을 상기 고감도 센서가 감지하여 저항값이 변화되었음을 알 수 있다.

[119] 실험예 7

[120] 도 20에 도시한 바와 같이, 힘 조절기(Force Controller, femto tools사 제품)를 사용하여 상기 실시예 1에서 제조한 고감도 센서에 2 Pa의 압력을 가한 후, 그에 따른 저항값 변화를 측정한 결과를 도 21에 도시하였다.

[121] 도 21 및 22에 도시한 바와 같이, 상기 고감도 센서에 가해지는 압력의 변화가 그대로 저항값의 변화로 연결되었으며, 이를 통해 상기 고감도 센서에 가해지는 압력의 변화와 저항값의 변화 사이에 지연 시간이 거의 없으며, 거의 실시간으로 압력 변화가 감지되었음을 알 수 있다.

[122] 이상으로 본 발명 내용의 특정한 부분을 상세히 기술하였는바, 당업계의 통상의 지식을 가진 자에게 있어서, 이러한 구체적 기술은 단지 바람직한 실시 양태일 뿐이며, 이에 의해 본 발명의 범위가 제한되는 것이 아닌 점은 명백할 것이다. 따라서 본 발명의 실질적인 범위는 첨부된 청구항들과 그것들의 등가물에 의하여 정의된다고 할 것이다.

산업상 이용가능성

[123] 본 발명의 고감도 센서는 지지체의 일면 상에 크랙이 형성된 전도성 박막을 이용하여, 높은 감도로 압력 및/또는 진동을 측정할 수 있게 된다. 이와 같은 고감도 센서는 진동센서, 압력센서, 스트레인게이지 등 다양한 용도로 활용가능하며, 플렉시블한 구조체를 형성할 수 있으므로 인공피부 및 음성인식 시스템 등 다양한 용도에 활용할 수 있다.

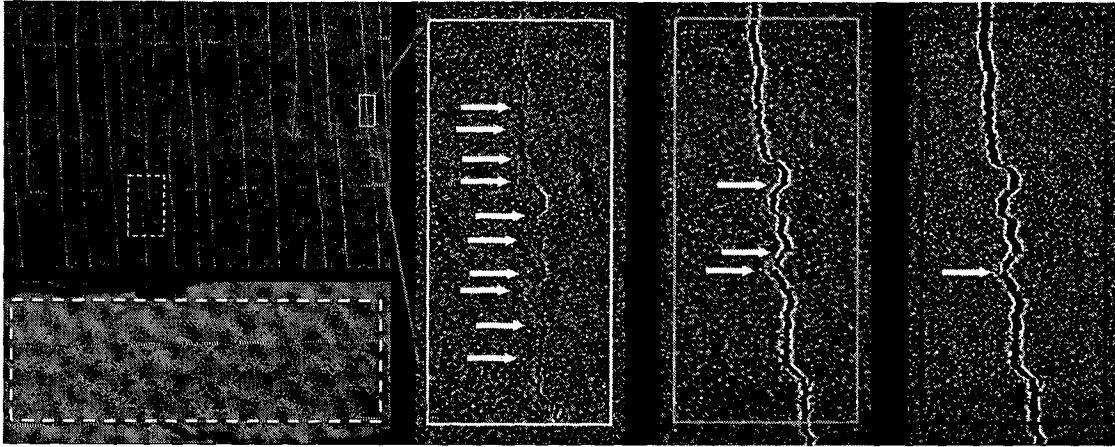
[124] 상기 고감도 센서는 간단한 공정으로 대량 생산이 가능하므로 매우 높은 경제성을 갖는다.

청구범위

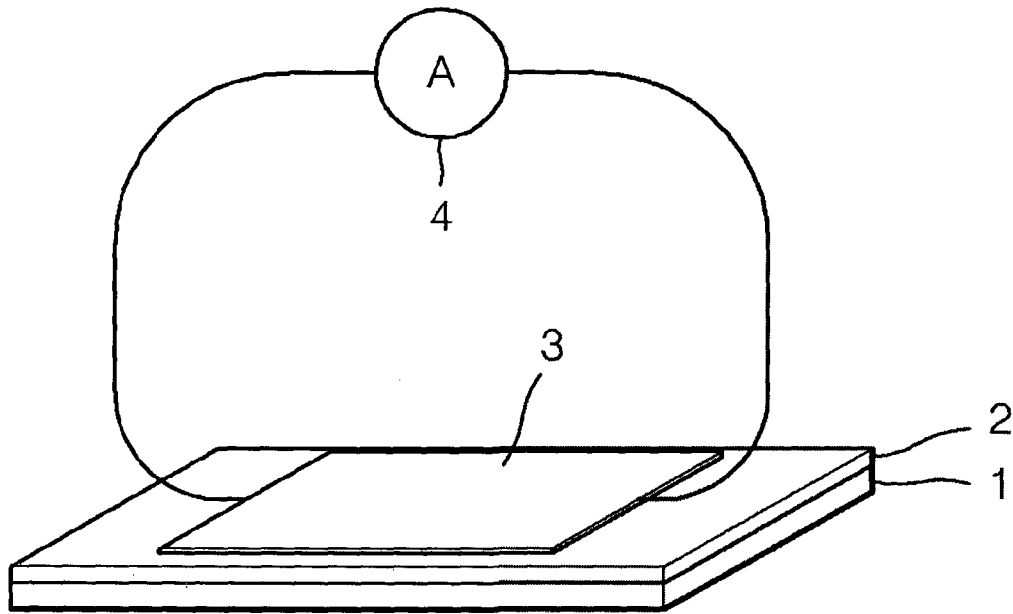
- [청구항 1] 지지체; 및
상기 지지체의 적어도 일면 상에 형성되는 전도성 박막;을
구비하며,
상기 전도성 박막이, 서로 마주하면서 적어도 일부 면이 서로
접촉하고 있는 크랙면을 갖는 크랙을 포함하고,
외부 물리적 자극에 따라 상기 크랙면이 이동하면서 접촉면적이
변화하거나 단락 혹은 재접촉되면서 전기적 저항이 변화하게 되고
이 변화를 측정함으로써 외부 자극을 측정하는 고감도 센서.
- [청구항 2] 제1항에 있어서,
상기 크랙이 상기 전도성 박막의 그레인 바운더리를 따라 형성된
것을 특징으로 하는 고감도 센서.
- [청구항 3] 제2항에 있어서,
상기 크랙이 나노 수준의 미세 크랙인 것을 특징으로 하는 고감도
센서.
- [청구항 4] 제1항에 있어서,
외부자극에 의해 상기 크랙의 전기적 단락 또는 개방이 발생하여
상기 전도성 박막의 전기적 저항값이 변화되는 것을 특징으로
하는 고감도 센서.
- [청구항 5] 제4항에 있어서,
상기 외부자극이 변위, 진동, 스트레인 및 압력 중 어느 하나
이상인 것을 특징으로 하는 고감도 센서.
- [청구항 6] 제1항에 있어서,
상기 지지체가 베이스 필름 및 그 위에 형성된 연질 폴리머층의
다중층 구조를 갖는 것을 특징으로 하는 고감도 센서.
- [청구항 7] 제1항에 있어서,
상기 전도성 박막의 두께가 0.1 nm 내지 1 μm 인 것을 특징으로
하는 고감도 센서.
- [청구항 8] 제1항에 있어서,
상기 전도성 박막이 백금, 니켈, 구리, 금, 은, 철, 크롬, 마그네슘,
아연, 주석, 알루미늄, 코발트, 망간, 텅스텐, 카드뮴, 팔라듐 및
탄소 중 1종 이상의 전도성 물질 또는 이들의 1종 이상 혼합물인
것을 특징으로 하는 고감도 센서.
- [청구항 9] 제1항에 있어서,
상기 센서의 게이지 팩터가 1 내지 5×10^8 인 것을 특징으로 하는
고감도 센서.
- [청구항 10] 제1항에 있어서,

- 상기 센서의 압력 감도가 0.1 내지 1,000 KPa⁻¹인 것을 특징으로 하는 고감도 센서.
- [청구항 11] 제1항 내지 제10항 중 어느 한 항에 따른 고감도 센서를 구비하는 압력센서.
- [청구항 12] 제1항 내지 제10항 중 어느 한 항에 따른 고감도 센서를 구비하는 스트레인 게이지.
- [청구항 13] 제1항 내지 제10항 중 어느 한 항에 따른 고감도 센서를 구비하는 진동센서.
- [청구항 14] 제1항 내지 제10항 중 어느 한 항에 따른 고감도 센서를 구비하는 인공피부.
- [청구항 15] 제1항 내지 제10항 중 어느 한 항에 따른 고감도 센서를 구비하는 음성인식 시스템.
- [청구항 16] 지지체의 적어도 일면 상에 전도성 박막을 형성하는 단계; 및 상기 전도성 박막에 크랙을 유도하는 단계;를 포함하는 제1항의 고감도 센서의 제조방법.

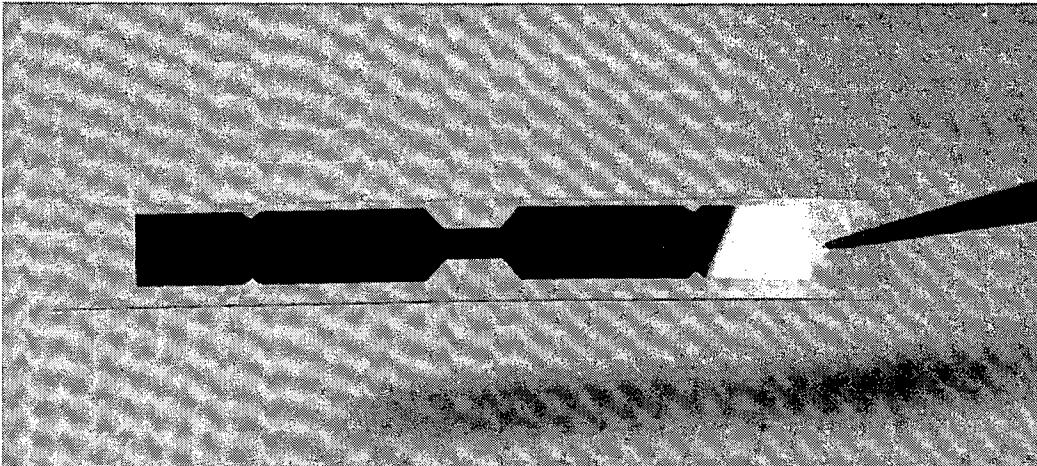
[Fig. 1]



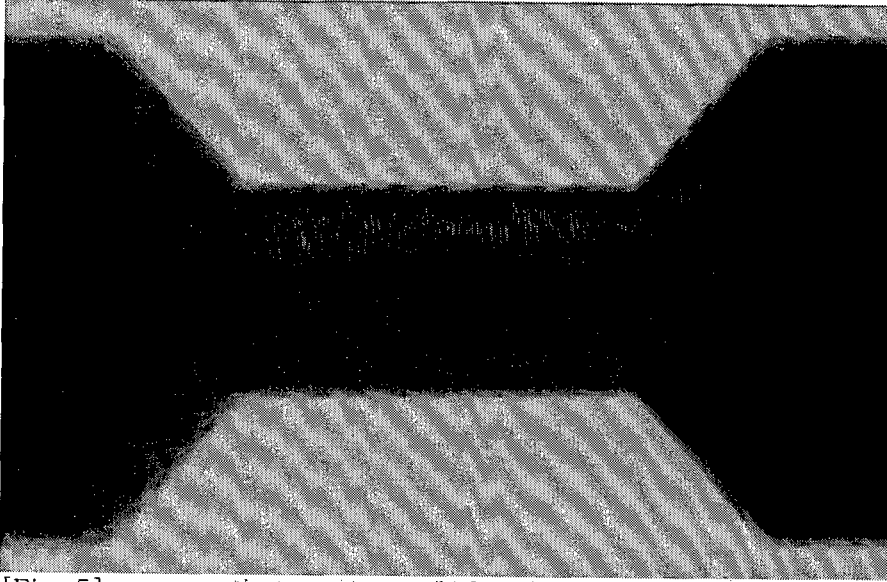
[Fig. 2]



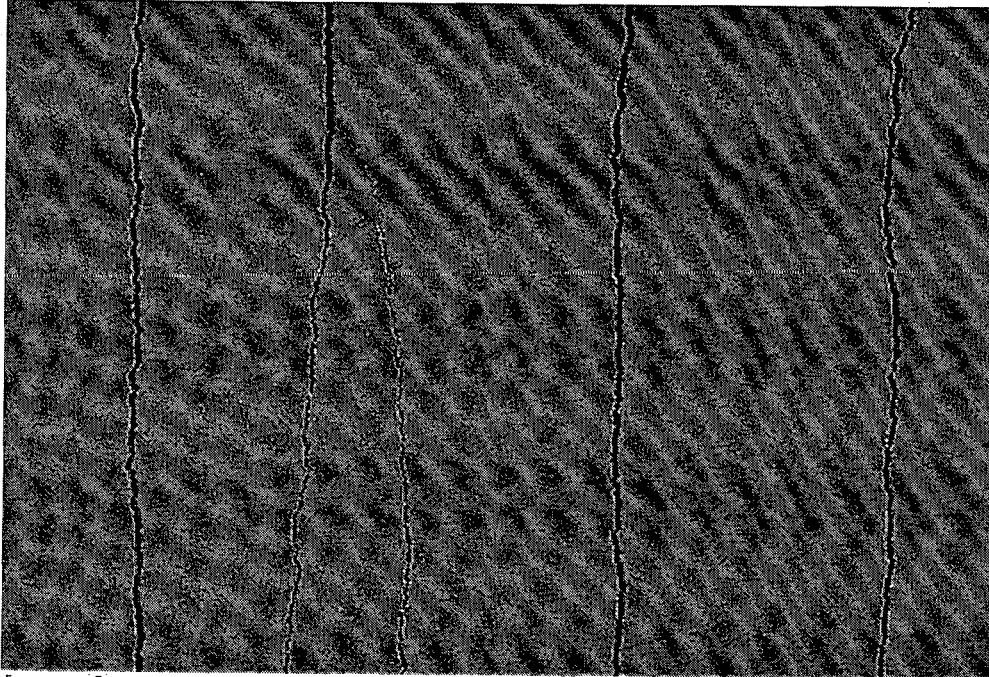
[Fig. 3]



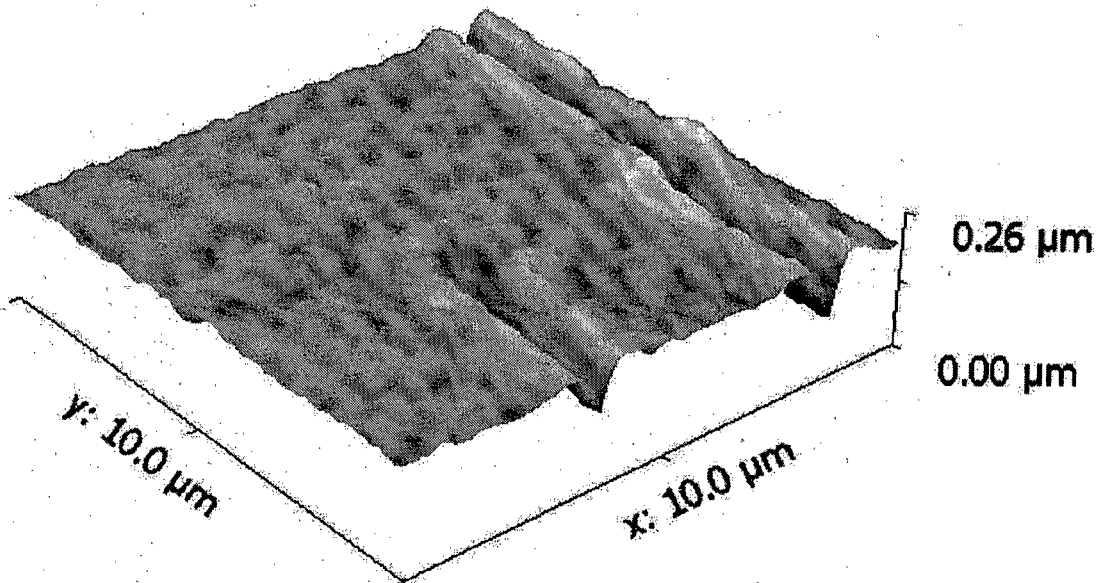
[Fig. 4]



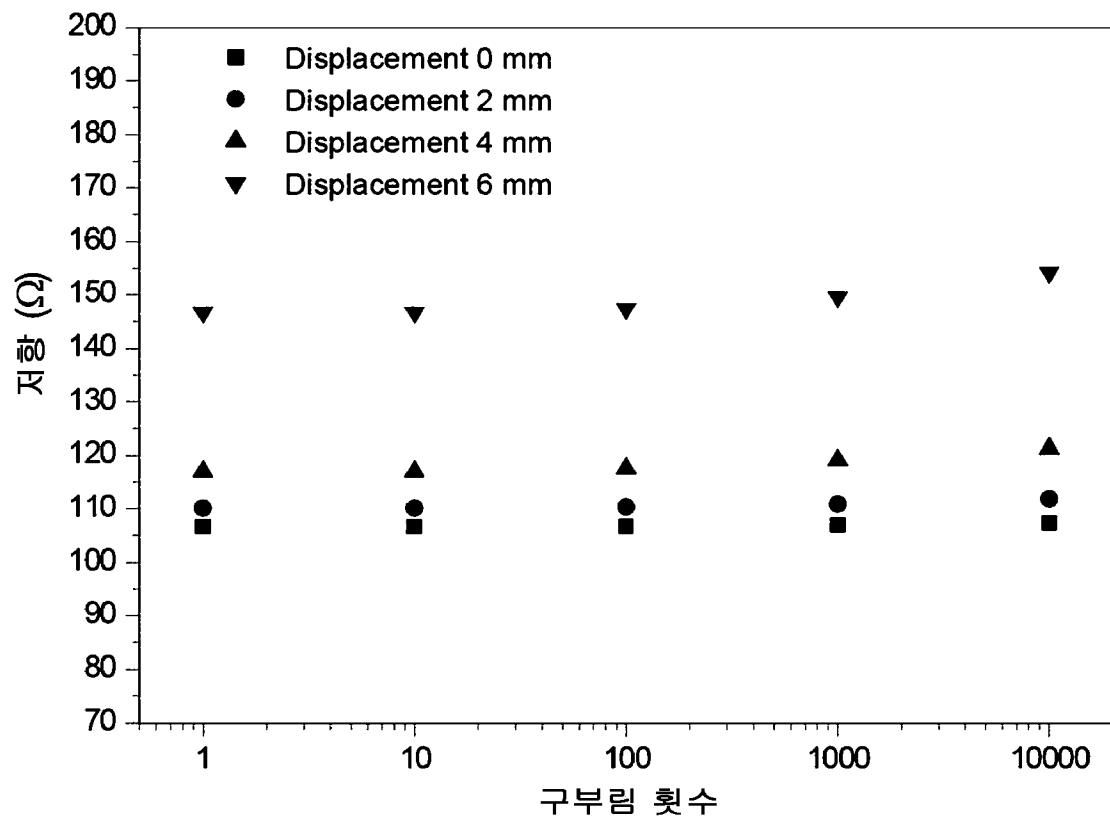
[Fig. 5]



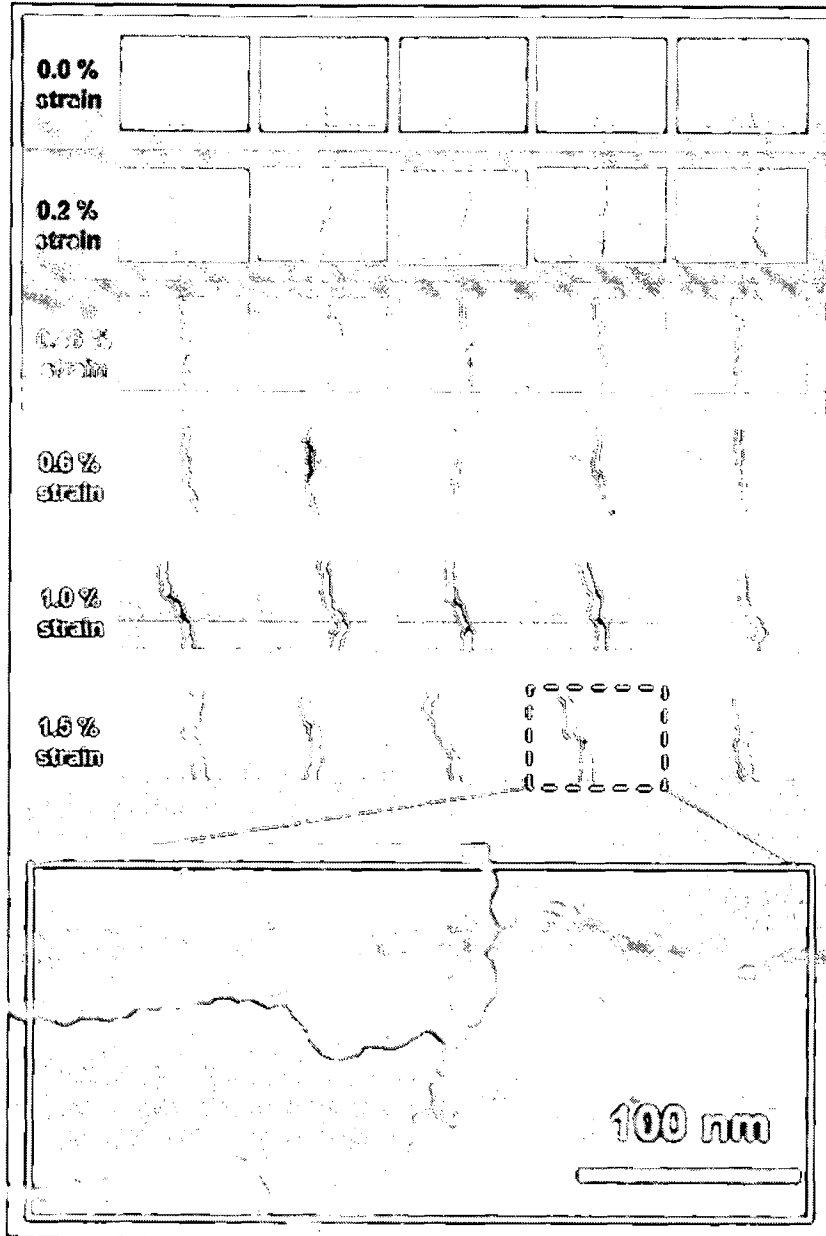
[Fig. 6]



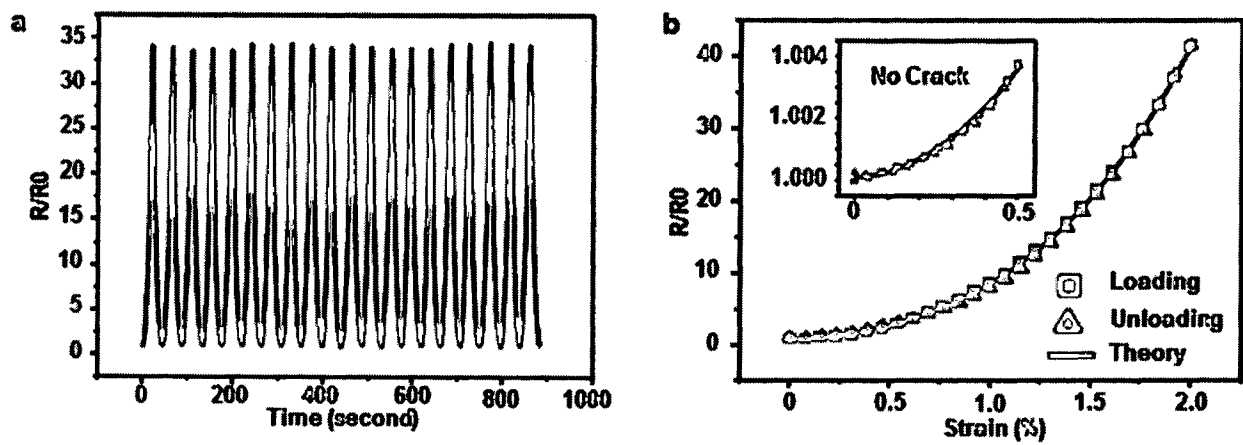
[Fig. 7]



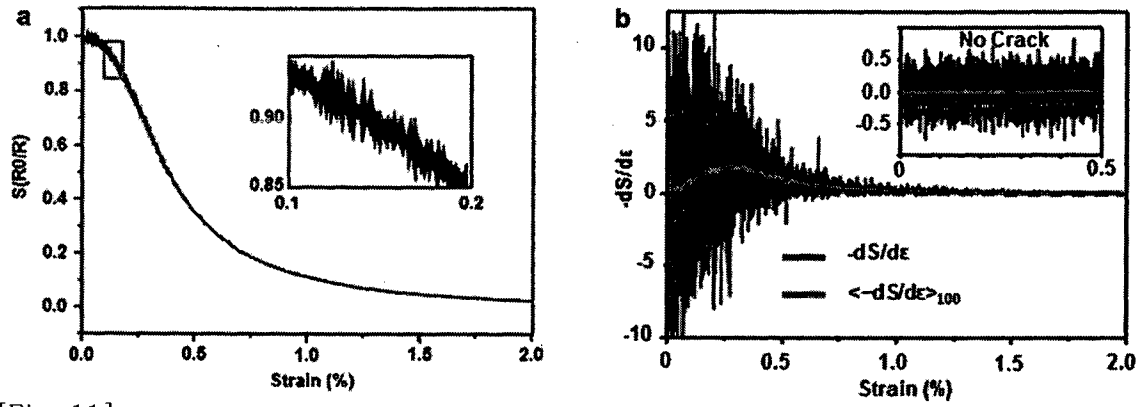
[Fig. 8]



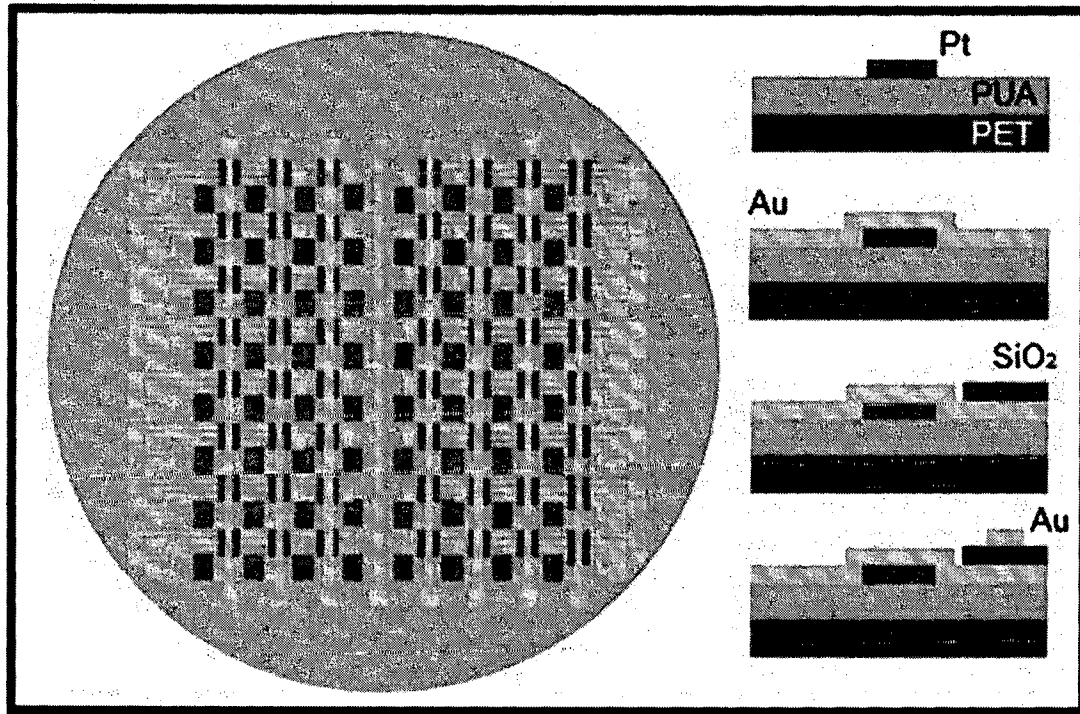
[Fig. 9]



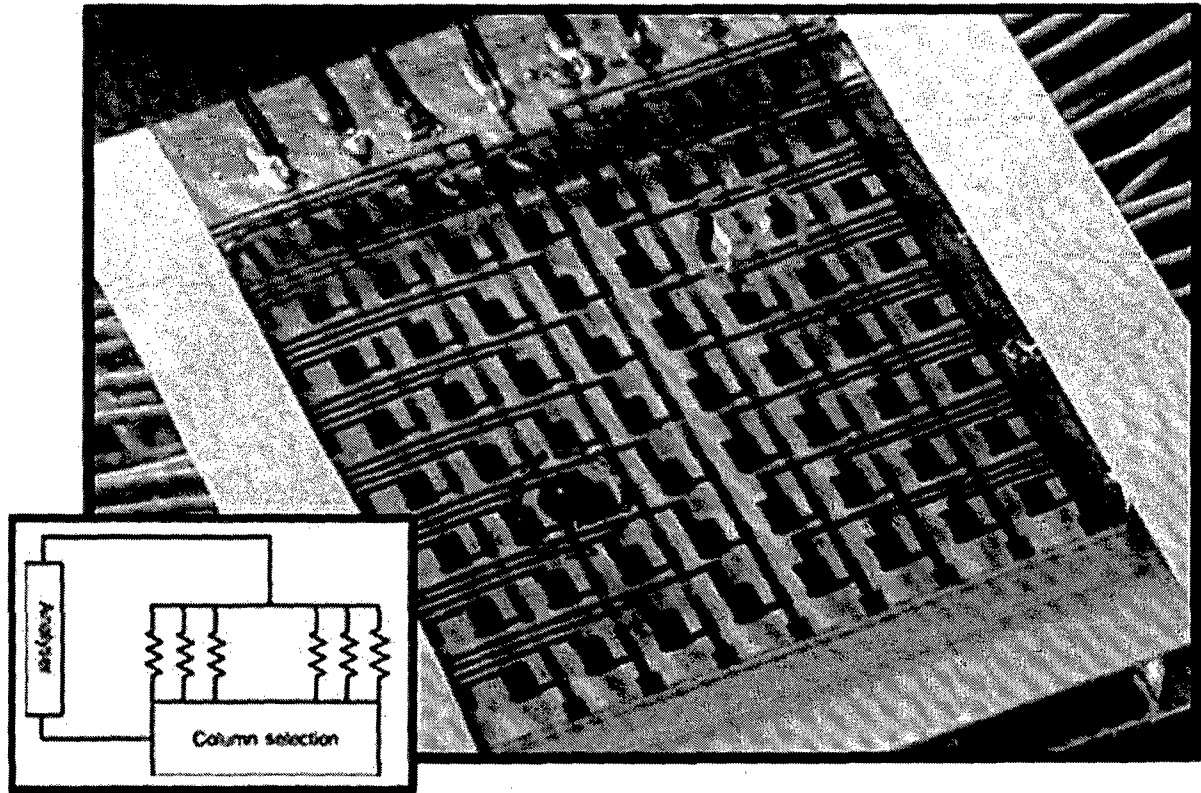
[Fig. 10]



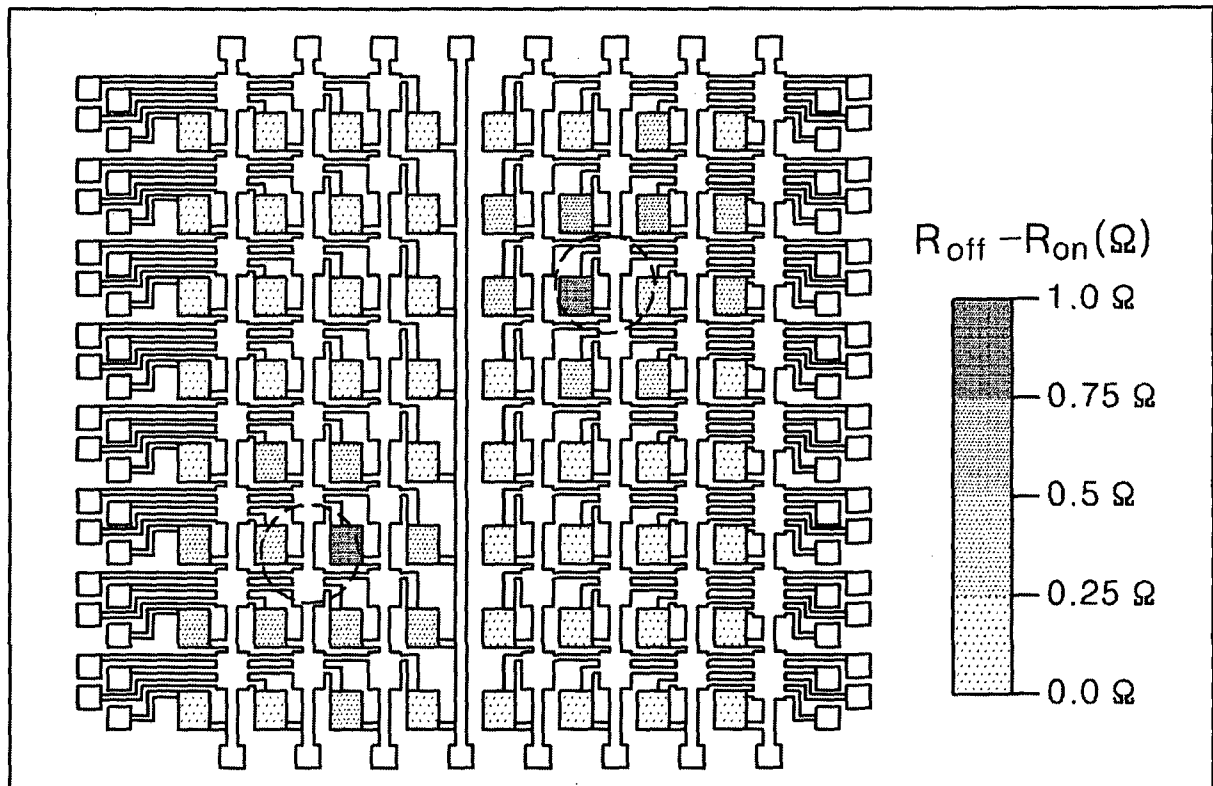
[Fig. 11]



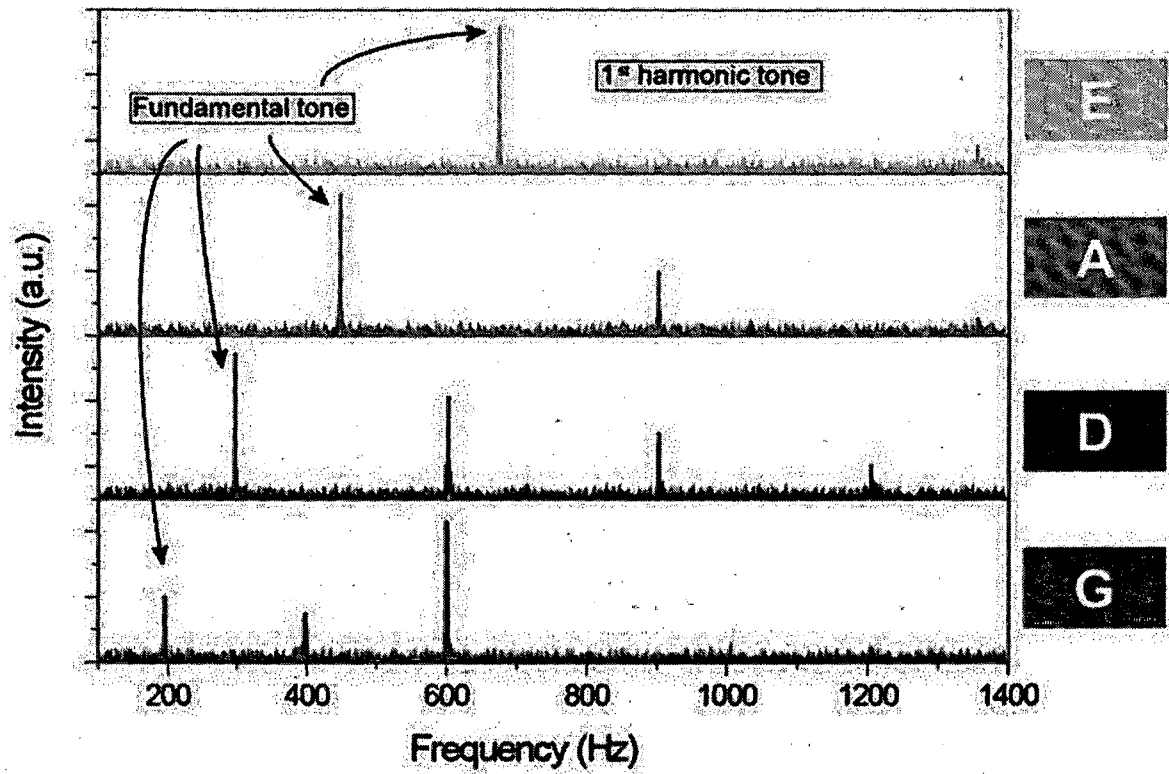
[Fig. 12]



[Fig. 13]



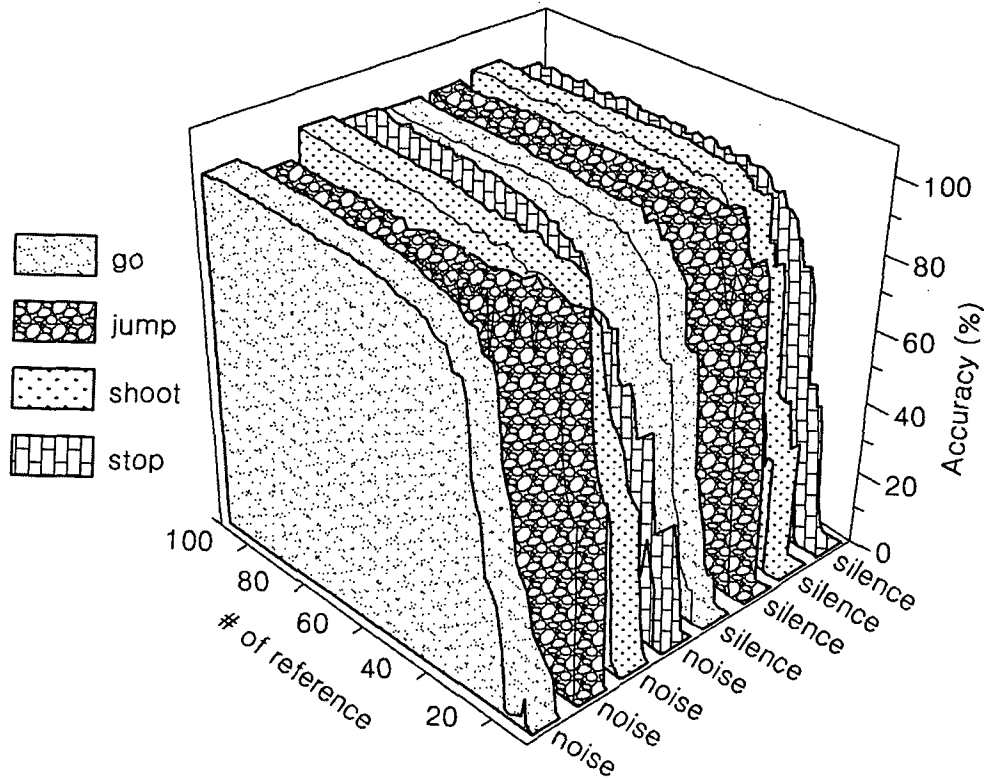
[Fig. 14]



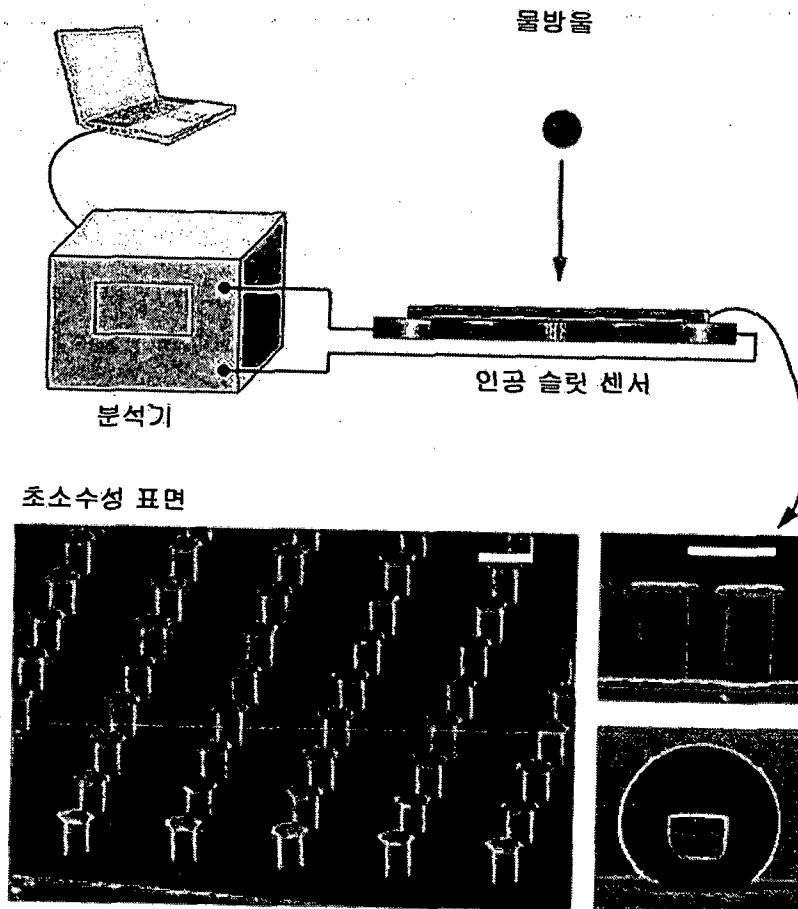
[Fig. 15]



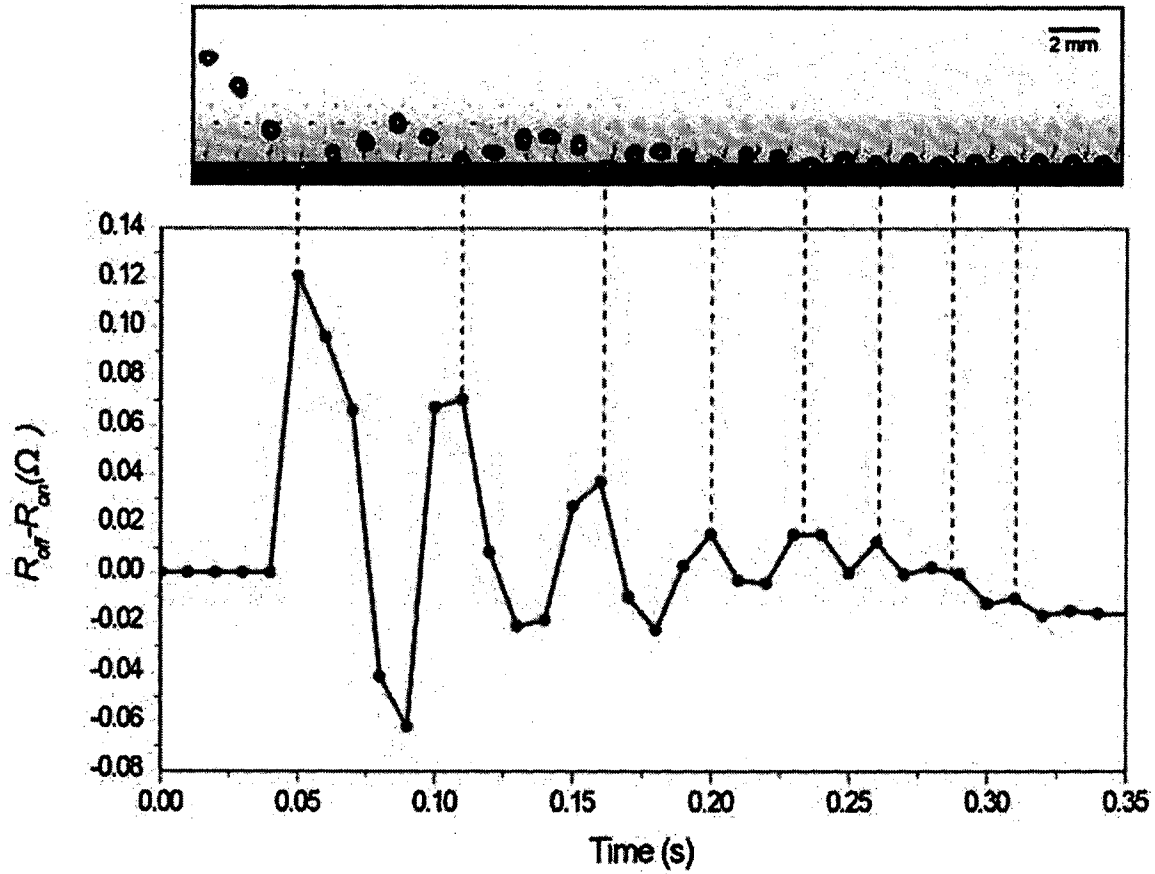
[Fig. 16]



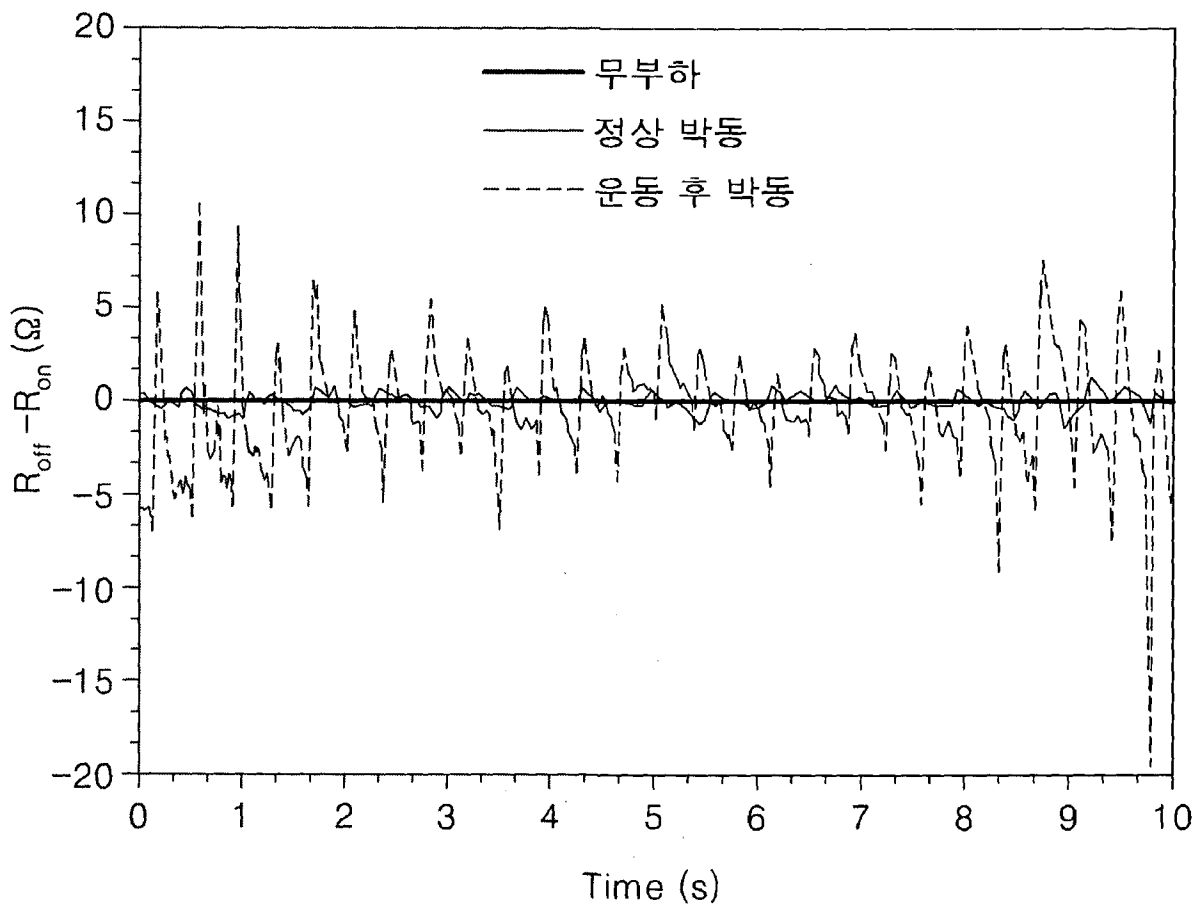
[Fig. 17]



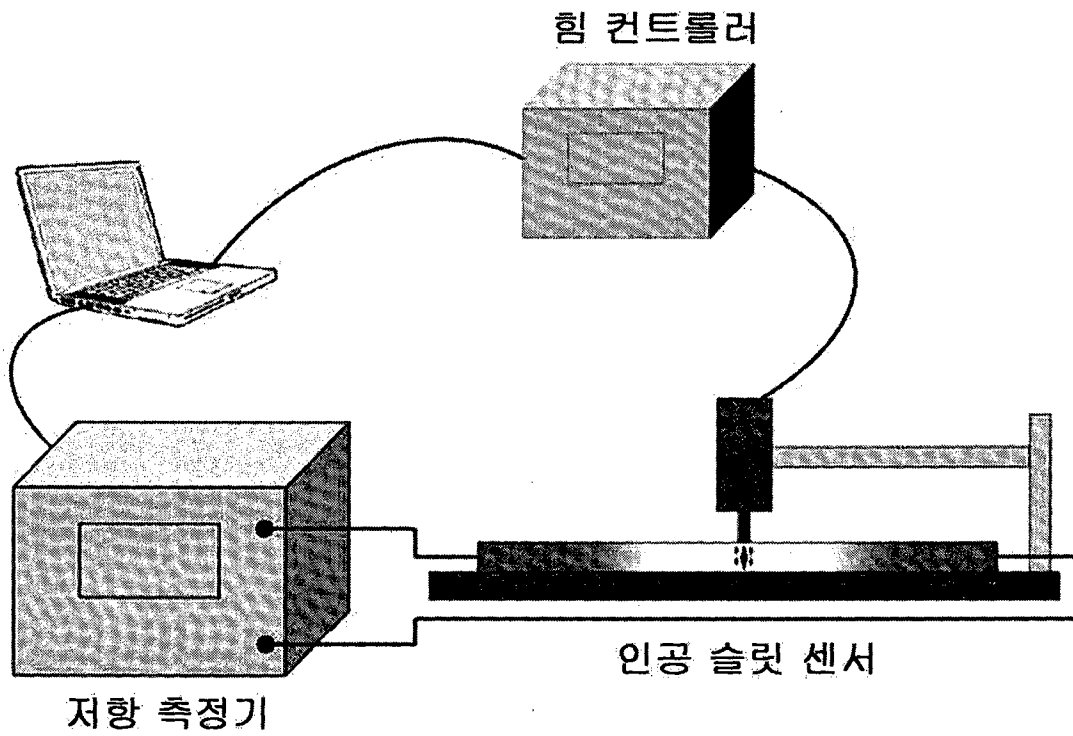
[Fig. 18]



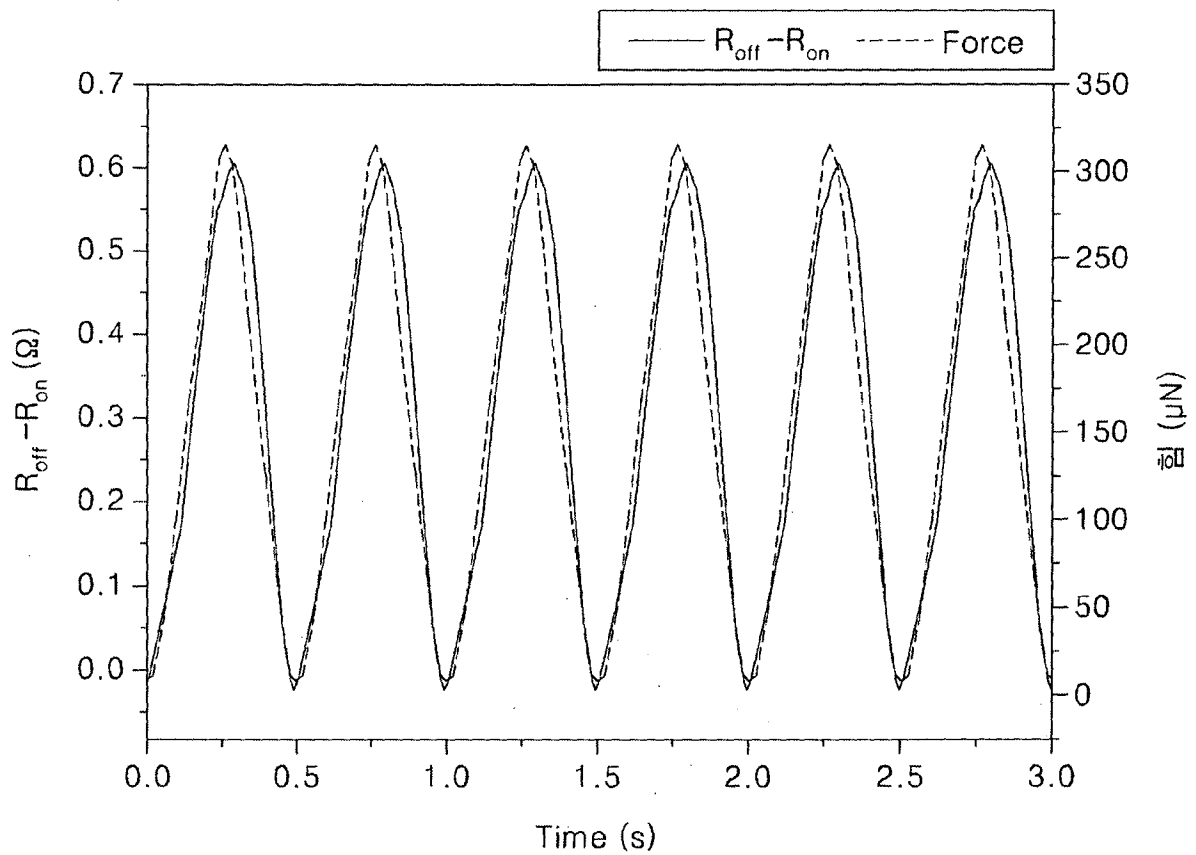
[Fig. 19]



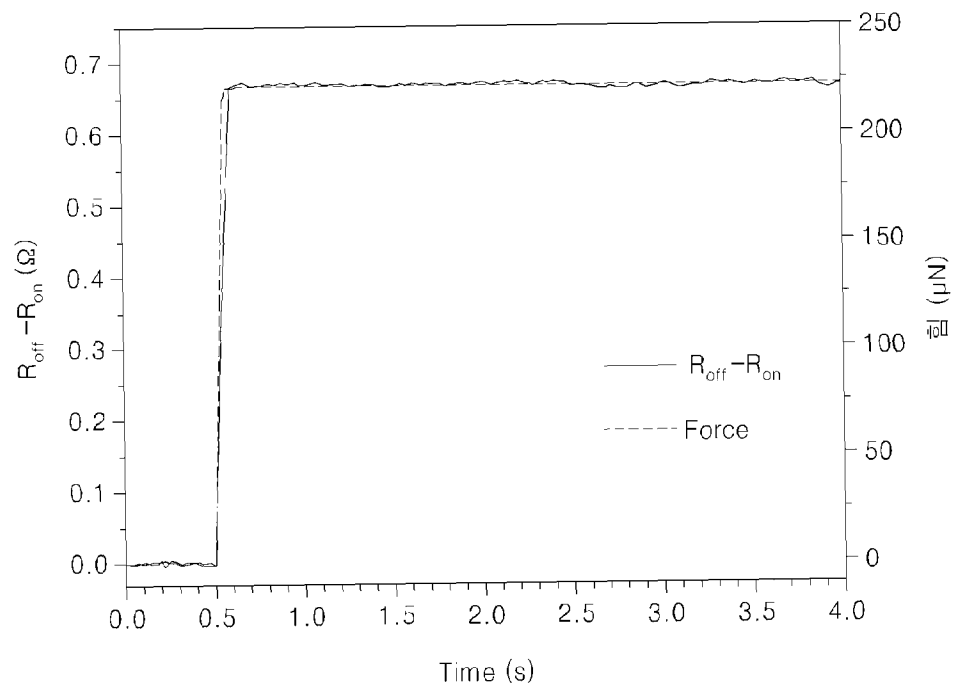
[Fig. 20]



[Fig. 21]



[Fig. 22]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/KR2014/011790**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER****H01B 5/14(2006.01)i, H01B 13/00(2006.01)i**

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H01B 5/14; B82B 3/00; G01N 27/12; H01B 13/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Korean Utility models and applications for Utility models: IPC as above

Japanese Utility models and applications for Utility models: IPC as above

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

eKOMPASS (KIPO internal) & Keywords: sensor, crack, conductive thin film

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	KR 10-1151662 B1 (INDUSTRY-ACADEMIC COOPERATION FOUNDATION, YONSEI UNIVERSITY) 11 June 2012 See abstract, paragraphs [0039], [0046], [0050], [0051], [0058], [0060]	1-16
Y	LEE, Jae Hwan, "A stretchable strain sensor based on metal nanoparticle thin film for human motion detector", KAIST master's thesis : mechanical engineering major, February 2013, [vii, 71 p.] See pages 21-26.	1-16



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

13 FEBRUARY 2015 (13.02.2015)

Date of mailing of the international search report

17 FEBRUARY 2015 (17.02.2015)

Name and mailing address of the ISA/KR

Korean Intellectual Property Office
Government Complex-Daejeon, 189 Seonsa-ro, Daejeon 302-701,
Republic of Korea

Facsimile No. 82-42-472-7140

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/KR2014/011790

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member	Publication date
KR 10-1151662 B1	11/06/2012	JP 05-145463B2	20/02/2013
		JP 2012-507037A	22/03/2012
		KR 10-1067557 B1	27/09/2011
		KR 10-1130084 B1	28/03/2012
		US 2011-0259083 A1	27/10/2011
		US 8468872 B2	25/06/2013
		WO 2011-081245 A1	07/07/2011
		WO 2011-081308 A2	07/07/2011
		WO 2011-081308 A3	03/11/2011

A. 발명이 속하는 기술분류(국제특허분류(IPC))

H01B 5/14(2006.01)i, H01B 13/00(2006.01)i

B. 조사된 분야

조사된 최소문헌(국제특허분류를 기재)

H01B 5/14; B82B 3/00; G01N 27/12; H01B 13/00

조사된 기술분야에 속하는 최소문헌 이외의 문헌

한국등록실용신안공보 및 한국공개실용신안공보: 조사된 최소문헌란에 기재된 IPC

일본등록실용신안공보 및 일본공개실용신안공보: 조사된 최소문헌란에 기재된 IPC

국제조사에 이용된 전산 데이터베이스(데이터베이스의 명칭 및 검색어(해당하는 경우))

eKOMPASS(특허청 내부 검색시스템) & 키워드: 센서, 크랙, 전도성박막

C. 관련 문헌

카테고리*	인용문헌명 및 관련 구절(해당하는 경우)의 기재	관련 청구항
Y	KR 10-1151662 B1 (연세대학교 산학협력단) 2012.06.11 요약, 문단번호 [0039], [0046], [0050], [0051], [0058], [0060] 참조	1-16
Y	이재환, `동작 감지용 금속 나노입자 박막 기반 신축성 스트레인 센서`, 한국과학기술원 학위논문(석사): 기계공학전공, 2013.2, [vii, 71 p.] 21-26 페이지 참조	1-16

☐ 추가 문헌이 C(계속)에 기재되어 있습니다.☒ 대응특허에 관한 별지를 참조하십시오.

* 인용된 문헌의 특별 카테고리:

“A” 특별히 관련이 없는 것으로 보이는 일반적인 기술수준을 정의한 문헌

“T” 국제출원일 또는 우선일 후에 공개된 문헌으로, 출원과 상충하지 않으며 발명의 기초가 되는 원리나 이론을 이해하기 위해 인용된 문헌

“E” 국제출원일보다 빠른 출원일 또는 우선일을 가지나 국제출원일 이후에 공개된 선출원 또는 특허 문헌

“X” 특별한 관련이 있는 문헌. 해당 문헌 하나만으로 청구된 발명의 신규성 또는 진보성이 없는 것으로 본다.

“L” 우선권 주장에 의문을 제기하는 문헌 또는 다른 인용문헌의 공개일 또는 다른 특별한 이유(이유를 명시)를 밝히기 위하여 인용된 문헌

“Y” 특별한 관련이 있는 문헌. 해당 문헌이 하나 이상의 다른 문헌과 조합하는 경우로 그 조합이 당업자에게 자명한 경우 청구된 발명은 진보성이 없는 것으로 본다.

“O” 구두 개시, 사용, 전시 또는 기타 수단을 언급하고 있는 문헌

“&” 동일한 대응특허문헌에 속하는 문헌

“P” 우선일 이후에 공개되었으나 국제출원일 이전에 공개된 문헌

국제조사의 실제 완료일

2015년 02월 13일 (13.02.2015)

국제조사보고서 발송일

2015년 02월 17일 (17.02.2015)

ISA/KR의 명칭 및 우편주소



대한민국 특허청

(302-701) 대전광역시 서구 청사로 189,

4동 (둔산동, 정부대전청사)

팩스 번호 ++82 42 472 3473

심사관

김은정

전화번호 +481-8246



국제조사보고서에서
인용된 특허문헌

공개일

대응특허문헌

공개일

KR 10-1151662 B1

2012/06/11

JP 05-145463B2

2013/02/20

JP 2012-507037A

2012/03/22

KR 10-1067557 B1

2011/09/27

KR 10-1130084 B1

2012/03/28

US 2011-0259083 A1

2011/10/27

US 8468872 B2

2013/06/25

WO 2011-081245 A1

2011/07/07

WO 2011-081308 A2

2011/07/07

WO 2011-081308 A3

2011/11/03