

	(19) 대한민국특허청(KR) (12) 공개특허공보(A)	(11) 공개번호 10-2016-0098638 (43) 공개일자 2016년08월19일
(51) 국제특허분류(Int. Cl.) G01B 7/16 (2006.01)	(71) 출원인 인하대학교 산학협력단 인천광역시 남구 인하로 100, 인하대학교 (용현동)	
(52) CPC특허분류 G01B 7/18 (2013.01)	(72) 발명자 박세근 서울특별시 서초구 반포대로 122 (서초동, 현대ESA2아파트)A-1004	
(21) 출원번호 10-2015-0020081	김명수 경기도 고양시 덕양구 충장로 118-30 213동 706호 (행신동, 샘터마을2단지아파트)	
(22) 출원일자 2015년02월10일 심사청구일자 2015년02월10일	(뒷면에 계속)	
	(74) 대리인 이원희	

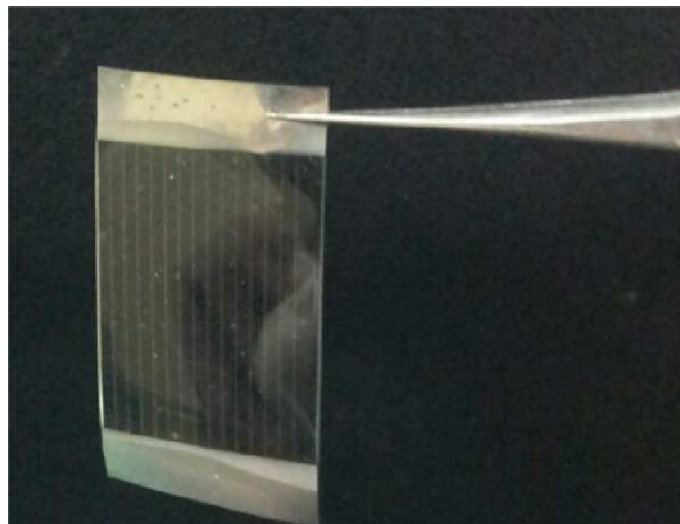
전체 청구항 수 : 총 10 항

(54) 발명의 명칭 스트레인 게이지의 제조방법 및 이에 따라 제조된 스트레인 게이지

(57) 요약

본 발명은 엘라스토머 기관 상부에 과불소 중합체 패턴을 형성하는 단계(단계 1); 은 나노 와이어 단독; 또는 은 나노 와이어 및 전도성 고분자, 탄소 나노 플레이트, 금속 입자, 세라믹 입자, 그래핀 및 산화 그래핀으로 이루어지는 군으로부터 선택되는 1 종 이상을 포함하는 보조 물질의 혼합물;과, 이소프로필 알콜, 에탄올, 메탄올 및 물로 이루어지는 군으로부터 선택되는 1 종 이상의 용매;가 혼합된 은 나노 와이어 분산액을 상기 단계 1의 과불소 중합체 패턴이 형성된 엘라스토머 기관 상부에 도포하는 단계(단계 2); 상기 과불소 중합체 패턴을 플루오르계 용매로 제거하여 은 나노 와이어 패턴을 형성하는 단계(단계 3); 및 상기 단계 3에서 형성된 은 나노 와이어 패턴 양 말단에 접촉하는 금속 전극을 형성시키는 단계(단계 4);를 포함하는 스트레인 게이지의 제조방법을 제공한다.

대표도 - 도1



(72) 발명자

이다혁

서울특별시 관악구 난곡로 55 221동 402호 (신림동, 관악산휴먼시아2단지아파트)

이진균

인천광역시 연수구 해돋이로84번길 30 (송도동, 송도금호어울림아파트) 102동 102호

정석현

인천광역시 남구 인하로91번길 134-1 301호 (용현동, 리더스캠프)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 49803-1

부처명 교육부

연구관리전문기관 한국연구재단

연구사업명 기본연구(교육부)

연구과제명 다중 나노임프린트 리소그래피를 이용한 3차원 구조물 제작공정 개발과 이중마이크로렌즈 어레이 응용기술 개발

기 여 율 1/1

주관기관 인하대학교 산학협력단

연구기간 2014.06.01 ~ 2015.05.31

명세서

청구범위

청구항 1

엘라스토머 기관 상부에 과불소 중합체 패턴을 형성하는 단계(단계 1);

은 나노 와이어 단독; 또는 은 나노 와이어 및 전도성 고분자, 탄소 나노 플레이트, 금속 입자, 세라믹 입자, 그래핀 및 산화 그래핀으로 이루어지는 군으로부터 선택되는 1 종 이상을 포함하는 보조 물질의 혼합물;과, 이소프로필 알콜, 에탄올, 메탄올 및 물로 이루어지는 군으로부터 선택되는 1 종 이상의 용매;가 혼합된 은 나노 와이어 분산액을 상기 단계 1의 과불소 중합체 패턴이 형성된 엘라스토머 기관 상부에 도포하는 단계(단계 2);

상기 과불소 중합체 패턴을 플루오르계 용매로 제거하여 은 나노 와이어 패턴을 형성하는 단계(단계 3); 및

상기 단계 3에서 형성된 은 나노 와이어 패턴 양 말단에 접촉하는 금속 전극을 형성시키는 단계(단계 4);를 포함하는 스트레인 게이지의 제조방법.

청구항 2

제2항에 있어서,

상기 단계 1의 엘라스토머 기관은 하드-폴리디메틸실록세인(h-PDMS) 몰드 또는 소프트-폴리디메틸실록세인(s-PDMS) 몰드인 것을 특징으로 하는 스트레인 게이지의 제조방법.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 단계 1에서 패턴을 형성하는 방법은,

과불소 중합체를 포함하는 고분자 용액을 준비하는 단계(단계 a);

상기 단계 a에서 준비된 용액을 엘라스토머 기관 상부에 도포하여 과불소 중합체 층을 형성하는 단계(단계 b);

상기 단계 b에서 형성된 과불소 중합체 층 상부에 패턴된 마스크를 올리고 자외선을 조사하는 단계(단계 c); 및

상기 단계 c에서 자외선이 조사되지 않은 부분을 용매로 제거하여 패턴을 형성하는 단계(단계 d);를 포함하는 스트레인 게이지의 제조방법.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 단계 a의 고분자 용액은 플루오르계 용매를 포함하는 것을 특징으로 하는 스트레인 게이지의 제조방법.

청구항 5

제3항에 있어서,

상기 단계 a의 과불소 중합체의 함량은 전체 고분자 용액에 대하여 1 내지 50 중량%인 것을 특징으로 하는 스트레인 게이지의 제조방법.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 단계 1에서 패턴을 형성하는 방법은 포토리소그래피법인 것을 특징으로 하는 스트레인 게이지의 제조방법.

청구항 7

제1항에 있어서,

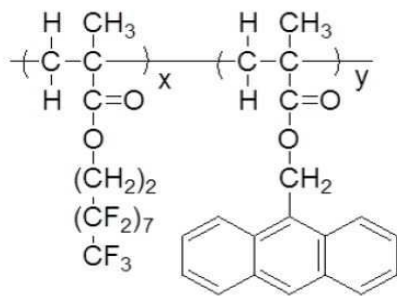
상기 단계 1의 과불소 중합체는 폴리(퍼플루오로알킬 메타크릴레이트)(Poly(perfluoroalkyl methacrylate) 또는 폴리(퍼플루오로알킬 아크릴레이트)(Poly(perfluoroalkyl acrylate))를 포함하는 단일 중합체 또는 공중합체인 것을 특징으로 하는 스트레인 게이지의 제조방법.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 단계 1의 과불소 중합체는 하기 화학식 1로 표시되는 화합물인 것을 특징으로 하는 스트레인 게이지의 제조방법:

<화학식 1>



(상기 화학식 1에서,

x는 10 내지 10,000이고,

y는 10 내지 10,000이다).

청구항 9

제1항에 있어서,

상기 단계 1에서 형성된 패턴의 두께는 50 nm 내지 100 μm 인 것을 특징으로 하는 스트레인 게이지의 제조방법.

청구항 10

제1항의 제조방법으로 제조되고,

엘라스토머 기관;

상기 엘라스토머 기관 상부에 형성된 은 나노 와이어를 포함하는 은 나노 와이어 패턴; 및

상기 은 나노 와이어 패턴 양 말단에 접촉되는 금속 전극;을 포함하는 스트레인 게이지.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 스트레인 게이지의 제조방법 및 이에 따라 제조된 스트레인 게이지의 제조방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 스트레인은 변형도 또는 변형률을 나타내는 용어로서, 어느 물체가 인장 또는 압축을 받을 때 원래의 길이에서 늘어나거나 줄어든 길이를 비율로 표시한 것이고, 토목공학, 기계공학, 항공공학, 전자공학 등 구조물이나 기계 요소의 해석을 다루는 분야에서 구조물이나 기계요소가 외부의 힘을 받아 변형이 발생할 때 사용하는 용어이다.

[0003] 스트레인 게이지는 이러한 스트레인에 의하여 구조물이 변형되는 상태와 그 양을 측정하기 위하여 구조물의 표면에 부착하는 게이지로서, 구조물이 변형되는 양을 저항으로 변화하여 측정하는 전기식 스트레인 게이지와 변형되는 구조물의 거리변화를 기계적으로 측정하는 기계식 스트레인 게이지가 있다.

[0004] 전기식 스트레인 게이지의 소자는 저항 변화가 큰 금속을 사용하는데, 저항 변화가 큰 금속을 사용하는 경우 절연체 위에 와이어 또는 포일 형태로 저항선을 만들어서 저항을 측정한다. 이러한 스트레인 게이지가 구비된 센서는 기계 등의 고장이나 안전 사고를 방지하고, 사용자로 하여금 돌발 상황을 신속하게 인식하여 대응할 수 있도록 한다. 그리고 이러한 센서는 그 부피가 작을수록 다른 구동 파트에 영향을 안 미치고 공간 효율을 좋게 할 수 있다. 이에 소형이면서도 그 제작이 간편하고 압력 등에 따른 변형을 정밀하게 감지할 수 있는 센서가 요청된다.

[0005] 스트레인 게이지를 제조하는 방법의 일례로써, Morteza Amjadi 등의 논문에는 은 나노 와이어 및 엘라스토머 나노 복합체 기반의 스트레인 센서가 개시된 바 있다(ACS Nano, 2014, 8, 5154 - 5163). 상세하게는 유리에 스크린 프린팅 방법으로 은 나노 와이어 패턴을 형성한 후, PDMS를 은 나노 와이어 패턴 상부에 도포시킨 후 이를 경화시키고 PDMS를 탈착하여 PDMS 기판에 은 나노 와이어 패턴을 형성하고 있다.

[0006] 이와 같이, 종래에는 엘라스토머 기판에 직접 패턴을 형성하기 어려워 다른 기판에 패턴을 형성한 후 전사시키는 방법을 수행하고 있다. 그러나, 이러한 방법은 더욱 복잡한 공정으로 인해 상용화되기 어려운 문제가 있다. 또한, 은 나노 와이어 패턴을 다른 기판으로 전사하는 방법의 경우 은 나노 와이어의 밀도가 낮으면 엘라스토머 기판으로 전사가 일어나기 어렵다.

[0007] 그러나, 엘라스토머 기판에 직접 패턴을 하게 되면, 스트레인 게이지를 구현하는 은 나노 와이어의 선폴을 쉽게 조절할 수 있으며, 대면적으로 구현이 가능하다. 나아가, 다양한 종류의 패턴을 가진 스트레인 게이지를 쉽게 제작할 수 있다. 더욱 나아가, 코팅되는 은 나노 와이어의 양을 조절하여 은 나노 와이어의 밀도를 쉽게 제어 가능한 장점이 있다.

[0008] 이에, 본 발명자들은 스트레인 게이지의 제조방법에 대하여 연구하던 중, 엘라스토머 기판에 과불소 중합체를 사용하여 중합체 패턴을 형성하며, 상기 형성된 중합체 패턴에 은 나노 와이어를 포함하는 분산액을 도포하고, 상기 과불소 중합체 패턴을 제거하여 은 나노 와이어 패턴을 형성한 후, 상기 은 나노 와이어 패턴 양 말단에 접촉하는 금속 전극을 형성시켜 스트레인 게이지를 제조하는 방법을 개발하고 본 발명을 완성하였다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0009] 본 발명의 목적은 스트레인 게이지의 제조방법 및 이에 따라 제조된 스트레인 게이지를 제공하는 데 있다.

과제의 해결 수단

[0010] 상기 목적을 달성하기 위하여, 본 발명은

[0011] 엘라스토머 기관 상부에 과불소 중합체 패턴을 형성하는 단계(단계 1);

[0012] 은 나노 와이어 단독; 또는 은 나노 와이어 및 전도성 고분자, 탄소 나노 플레이트, 금속 입자, 세라믹 입자, 그래핀 및 산화 그래핀으로 이루어지는 군으로부터 선택되는 1 종 이상을 포함하는 보조 물질의 혼합물;과, 이소프로필 알콜, 에탄올, 메탄올 및 물로 이루어지는 군으로부터 선택되는 1 종 이상의 용매;가 혼합된 은 나노 와이어 분산액을 상기 단계 1의 과불소 중합체 패턴이 형성된 엘라스토머 기관 상부에 도포하는 단계(단계 2);

[0013] 상기 과불소 중합체 패턴을 플루오르계 용매로 제거하여 은 나노 와이어 패턴을 형성하는 단계(단계 3); 및

[0014] 상기 단계 3에서 형성된 은 나노 와이어 패턴 양 말단에 접촉하는 금속 전극을 형성시키는 단계(단계 4);를 포함하는 스트레인 게이지의 제조방법을 제공한다.

[0015] 또한, 본 발명은

[0016] 상기의 제조방법으로 제조되고,

[0017] 엘라스토머 기관;

[0018] 상기 엘라스토머 기관 상부에 형성된 은 나노 와이어를 포함하는 은 나노 와이어 패턴; 및

[0019] 상기 은 나노 와이어 패턴 양 말단에 접촉되는 금속 전극;을 포함하는 스트레인 게이지를 제공한다.

발명의 효과

[0020] 본 발명에 따른 스트레인 게이지의 제조방법은 엘라스토머 기관에 손상을 가하지 않고 은 나노 와이어를 패턴화시킬 수 있다. 또한, 엘라스토머 기관에 직접적으로 은 나노 와이어 패턴을 형성할 수 있기 때문에 포토리소그래피 방식으로 대면적의 엘라스토머 기관에 은 나노 와이어를 패턴화시킬 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0021] 도 1은 본 발명에 따른 실시예 1에서 제조된 스트레인 게이지의 사진이고;

도 2 내지 4는 본 발명에 따른 실시예 1에서 제조된 스트레인 게이지의 특성을 분석한 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0022] 본 발명은

[0023] 엘라스토머 기관 상부에 과불소 중합체 패턴을 형성하는 단계(단계 1);

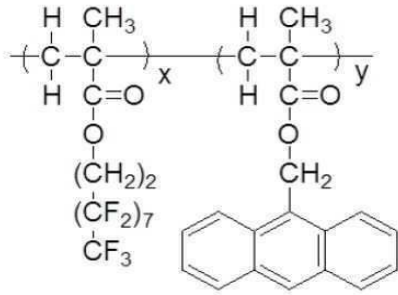
[0024] 은 나노 와이어 단독; 또는 은 나노 와이어 및 전도성 고분자, 탄소 나노 플레이트, 금속 입자, 세라믹 입자, 그래핀 및 산화 그래핀으로 이루어지는 군으로부터 선택되는 1 종 이상을 포함하는 보조 물질의 혼합물;과, 이소프로필 알콜, 에탄올, 메탄올 및 물로 이루어지는 군으로부터 선택되는 1 종 이상의 용매;가 혼합된 은 나노 와이어 분산액을 상기 단계 1의 과불소 중합체 패턴이 형성된 엘라스토머 기관 상부에 도포하는 단계(단계 2);

[0025] 상기 과불소 중합체 패턴을 플루오르계 용매로 제거하여 은 나노 와이어 패턴을 형성하는 단계(단계 3); 및

[0026] 상기 단계 3에서 형성된 은 나노 와이어 패턴 양 말단에 접촉하는 금속 전극을 형성시키는 단계(단계 4);를 포함하는 스트레인 게이지의 제조방법을 제공한다.

- [0027] 이하, 본 발명에 따른 스트레인 게이지의 제조방법에 대하여 각 단계별로 상세히 설명한다.
- [0028] 먼저, 본 발명에 따른 스트레인 게이지의 제조방법에 있어서, 단계 1은 엘라스토머 기관 상부에 과불소 중합체 패턴을 형성하는 단계이다.
- [0029] 상기 단계 1에서는 스트레인 게이지로 사용하기 위한 엘라스토머 기관 상부에 과불소 중합체 패턴을 형성한다. 본 발명에서는 과불소 중합체를 사용하여 은 나노 와이어 패턴을 형성하고난 후의 과불소 중합체 패턴을 제거하는 것이 용이하며, 엘라스토머 기관뿐만 아니라 은 나노 와이어에 손상을 가하지 않기 때문에 우수한 은 나노 와이어 패턴을 형성할 수 있다.
- [0030] 구체적으로, 상기 단계 1의 엘라스토머 기관은 하드-폴리디메틸실록세인(h-PDMS) 몰드 또는 소프트-폴리디메틸실록세인(s-PDMS) 몰드를 사용할 수 있다.
- [0031] 또한, 상기 단계 1의 과불소 중합체는 폴리(퍼플루오로알킬 메타크릴레이트)(Poly(perfluoroalkyl methacrylate) 또는 폴리(퍼플루오로알킬 아크릴레이트)(Poly(perfluoroalkyl acrylate)를 포함하는 단일 중합체 또는 공중합체를 사용할 수 있다. 이때, 폴리(퍼플루오로알킬 메타크릴레이트)(Poly(perfluoroalkyl methacrylate) 또는 폴리(퍼플루오로알킬 아크릴레이트)(Poly(perfluoroalkyl acrylate)에서 알킬은 C_3 내지 C_{20} 의 직쇄 또는 측쇄 알킬일 수 있으며, 바람직하게는 C_6 내지 C_{12} 의 직쇄 또는 측쇄 알킬일 수 있다. 또한, 플루오르기(-F)를 6 개 이상 포함할 수 있다. 나아가, 적정량의 비불소화 단량체를 폴리(퍼플루오로알킬 메타크릴레이트)(Poly(perfluoroalkyl methacrylate)와 공중합하여 고불소화 용제와의 용해성을 확보한 공중합체, 상용화되어 있는 비결정성 고분자 재료인 CYTOP, TEFLON AF 등일 수 있다. 일례로써, 폴리(1H,1H,2H,2H-퍼플루오로데실 메타크릴레이트)(Poly(1H,1H,2H,2H-Perfluorodecyl methacrylate, PFDMA))일 수 있다.
- [0032] 이때, 상기 단계 1에서 패턴의 형성은, 구체적인 일례로써
- [0033] 과불소 중합체를 포함하는 고분자 용액을 준비하는 단계(단계 a);
- [0034] 상기 단계 a에서 준비된 용액을 엘라스토머 기관 상부에 도포하여 과불소 중합체 층을 형성하는 단계(단계 b);
- [0035] 상기 단계 b에서 형성된 과불소 중합체 층 상부에 패턴된 마스크를 올리고 자외선을 조사하는 단계(단계 c); 및
- [0036] 상기 단계 c에서 자외선이 조사되지 않은 부분을 용매로 제거하여 패턴을 형성하는 단계(단계 d);를 포함하는 방법으로 수행될 수 있다.
- [0037] 먼저, 상기 단계 a는 과불소 중합체를 포함하는 고분자 용액을 준비하는 단계이다.
- [0038] 상기 단계 a에서는 과불소 중합체 박막을 형성하기 위하여, 과불소 중합체를 포함하는 고분자 용액을 준비한다.
- [0039] 구체적으로, 상기 단계 a의 고분자 용액은 플루오르계 용매를 포함할 수 있으며, 상기 플루오르계 용매는 하이드로플루오로에테르(Hydrofluoroether, HFE), 하이드로플루오로카본(Hydrofluorocarbon), 퍼플루오로카본(Perfluorocarbon) 및 고불소화 방향족 용매(Highly fluorinated aromatic solvent)를 사용할 수 있으나, 과불소 중합체를 용해시킬 수 있는 용매이면 이에 제한되지 않고 사용할 수 있다.
- [0040] 또한, 상기 단계 a의 과불소 중합체는 퍼플루오로알킬 메타크릴레이트 단량체와 광조사에 의해 이미지 패턴을 형성할 수 있는 단량체 대부분을 포함하는 공중합체를 사용할 수 있다. 구체적인 일례로써, 상기 단계 a의 과불소 중합체는 하기 화학식 1로 표시되는 화합물을 사용할 수 있다. 이때, 하기 화학식 1에서 X 및 Y는 4 : 0.5 내지 1의 비율일 수 있다.

[0041] <화학식 1>



[0042]

[0043] (상기 화학식 1에서,

[0044] x는 10 내지 10,000이고,

[0045] y는 10 내지 10,000이다.)

[0046] 나아가, 상기 단계 a의 과불소 중합체의 함량은 전체 고분자 용액에 대하여 1 내지 50 중량%인 것이 바람직하다. 만약, 상기 단계 a에서 과불소 중합체의 함량이 전체 고분자 용액에 대하여 1 중량% 미만일 경우에는 상기 고분자 용액을 기관에 도포하여 중합체 박막을 형성할 때, 기관 표면에 고르게 형성하기 어려우며, 수 nm의 두께로 형성되기 때문에 형성되는 패턴을 마스크로 사용하기 어려운 문제가 있으며, 50 중량%를 초과하는 경우에도 과량의 고분자 함량으로 인하여 고르게 도포하기 어려운 문제가 있다.

[0047] 다음으로, 상기 단계 b는 상기 단계 a에서 준비된 용액을 엘라스토머 기관 상부에 도포하여 과불소 중합체 층을 형성하는 단계이다

[0048] 구체적으로, 상기 단계 b에서는 일반적으로 사용될 수 있는 코팅방법을 통해 엘라스토머 기관 상부에 고분자 용액을 도포하여 과불소 중합체 층을 형성한다.

[0049] 이때, 상기 단계 b에서 도포하는 방법은 균일하게 중합체 박막을 형성할 수 있는 방법이면 제한되지 않고 사용할 수 있으나, 스핀 코팅(Spin coating)을 사용하여 수행할 수 있다. 이때, 상기 스핀 코팅은 500 rpm 내지 3,000 rpm으로 10 초 내지 120 초 동안 수행할 수 있다.

[0050] 또한, 스핀 코팅을 수행하여 과불소 중합체 층을 형성한 후, 추가로 50 ℃ 내지 100 ℃의 온도로 열처리를 수행할 수 있다.

[0051] 다음으로, 상기 단계 c는 상기 단계 b에서 형성된 과불소 중합체 층 상부에 패턴된 마스크를 올리고 자외선을 조사하는 단계이다.

[0052] 포토리소그래피법을 통해 과불소 중합체 패턴을 형성하기 위하여, 상기 단계 c에서는 상기 단계 b에서 형성된 과불소 중합체 층 상부에 패턴된 마스크를 올리고 과불소 중합체 층에 선택적으로 자외선을 조사한다.

[0053] 다음으로, 상기 단계 d는 상기 단계 c에서 자외선이 조사되지 않은 부분을 용매로 제거하여 패턴을 형성하는 단계이다.

[0054] 상기 단계 d에서는 상기 단계 c에서 과불소 중합체 박막 중에 자외선이 조사되지 않은 부분을 용매로 제거하여 과불소 중합체 패턴을 형성한다.

- [0055] 이때, 상기 단계 d의 용매는 과불소 중합체를 제거할 수 있는 용매이면 제한되지 않고 사용할 수 있으나, 예를 들어 상기 단계 d의 용매는 플루오르계 용매를 포함할 수 있으며, 상기 플루오르계 용매는 하이드로플루오로에테르(Hydrofluoroether, HFE), 하이드로플루오로카본(Hydrofluorocarbon), 퍼플루오로카본(Perfluorocarbon) 및 고불소화 방향족 용매(Highly fluorinated aromatic solvent)를 사용할 수 있다.
- [0056] 상기와 같은 다양한 방법을 통해 형성된 상기 단계 d의 과불소 중합체 패턴의 두께는 50 nm 내지 100 μ m일 수 있으며, 방법에 따라 다양한 두께의 패턴을 형성할 수 있다.
- [0057] 다음으로, 본 발명에 따른 스트레인 게이지의 제조방법에 있어서, 단계 2는 은 나노 와이어 단독; 또는 은 나노 와이어 및 전도성 고분자, 탄소 나노 플레이트, 금속 입자, 세라믹 입자, 그래핀 및 산화 그래핀으로 이루어지는 군으로부터 선택되는 1 종 이상을 포함하는 보조 물질의 혼합물;과, 이소프로필 알콜, 에탄올, 메탄올 및 물로 이루어지는 군으로부터 선택되는 1 종 이상의 용매;가 혼합된 은 나노 와이어 분산액을 상기 단계 1의 과불소 중합체 패턴이 형성된 엘라스토머 기판 상부에 도포하는 단계이다.
- [0058] 상기 단계 2는 특정 나노 물질과 특정 용매를 혼합한 분산액을 제조하고, 이를 상기 단계 1의 과불소 중합체 패턴이 형성된 엘라스토머 기판에 도포하여 은 나노 와이어 패턴을 형성하는 단계로서, 은 나노 와이어를 포함하는 나노 물질과 이소프로필 알콜, 에탄올, 메탄올 및 물 중 1 종 이상의 용매를 혼합하여 은 나노 와이어 분산액을 제조한다.
- [0059] 기판, 특히 엘라스토머 기판 및 과불소 중합체 패턴을 포함하는 표면에 패턴을 형성하기 위해서는 패턴으로 형성될 특정 물질과 엘라스토머 기판 또는 과불소 중합체와의 반응성, 분산액에 포함되는 용매와 엘라스토머 기판 또는 과불소 중합체와의 반응성이 고려되어야 한다.
- [0060] 이를 위해, 상기 단계 2에서는 특정 나노 물질로 은 나노 와이어를 사용하고, 특정 용매로 이소프로필 알콜, 에탄올, 메탄올 및 물 중 1 종 이상의 용매를 사용한다. 이외에 다른 물질을 사용하는 경우에는 엘라스토머 기판 또는 과불소 중합체와의 반응성으로 인해 은 나노 와이어 패턴을 형성하기 어려운 문제가 있다.
- [0061] 이때, 상기 단계 2에서 은 나노 와이어의 함량은 전체 은 나노 와이어 분산액에 대하여 0.05 중량% 내지 0.3 중량%인 것이 바람직하다. 만약, 상기 단계 2에서 은 나노 와이어의 함량이 전체 은 나노 와이어 분산액에 대하여 0.05 중량% 미만일 경우에는 은 나노 와이어의 균일한 패턴을 위해 과량으로 코팅을 해야하는데 이때, 과도한 분산액의 양에 의해 엘라스토머 기판에 손상이 발생하는 문제가 있으며, 0.3 중량%를 초과하는 경우에는 과도한 은 나노 와이어의 함량으로 인해 리프트 오프 방법으로 패턴 형성이 되지 않는 문제가 있다.
- [0062] 다음으로, 본 발명에 따른 스트레인 게이지의 제조방법에 있어서, 단계 3은 상기 과불소 중합체 패턴을 플루오르계 용매로 제거하여 은 나노 와이어 패턴을 형성하는 단계이다.
- [0063] 최종적으로 은 나노 와이어 패턴을 형성하기 위하여, 상기 단계 3에서는 상기 과불소 중합체 패턴을 플루오르계 용매로 제거한다.
- [0064] 이때, 본 발명에서는 과불소 중합체를 패턴 형성을 위한 물질로 사용하기 때문에, 이를 제거하기 위한 용매를 플루오르계 용매를 사용할 수 있으며, 상기 플루오르계 용매는 은 나노 와이어를 포함하는 전도성 패턴 뿐만 아니라, 기판, 특히 엘라스토머 기판에 손상을 가하지 않고 과불소 중합체를 제거할 수 있다.
- [0065] 따라서, 우수한 스트레인 게이지를 얻을 수 있다.
- [0066] 구체적으로, 상기 단계 3의 플루오르계 용매는 하이드로플루오로에테르(Hydrofluoroether, HFE), 하이드로플루오로카본(Hydrofluorocarbon), 퍼플루오로카본(Perfluorocarbon) 및 고불소화 방향족 용매(Highly fluorinated aromatic solvent)를 사용할 수 있다.

- [0067] 다음으로, 본 발명에 따른 스트레인 게이지의 제조방법에 있어서, 단계 4는 상기 단계 3에서 형성된 은 나노 와이어 패턴 양 말단에 접촉하는 금속 전극을 형성시키는 단계이다.
- [0068] 상기 단계 4에서는 나노 물질과 전기적으로 연결시키기 위한 전극을 형성시킨다.
- [0069] 구체적으로, 상기 단계 4의 금속 전극은 금(Au), 은(Ag), 티타늄(Ti), 백금(Pt), 팔라듐(Pd), 주석(Sn) 및 이들의 합금 또는 혼합 금속 등을 포함하는 금속일 수 있다.
- [0070] 또한, 본 발명은
- [0071] 상기의 제조방법으로 제조되고,
- [0072] 엘라스토머 기관;
- [0073] 상기 엘라스토머 기관 상부에 형성된 은 나노 와이어를 포함하는 은 나노 와이어 패턴; 및
- [0074] 상기 은 나노 와이어 패턴 양 말단에 접촉되는 금속 전극;을 포함하는 스트레인 게이지를 제공한다.
- [0075] 본 발명에 따른 스트레인 게이지는 엘라스토머 기관에 직접적으로 은 나노 와이어를 포함하는 은 나노 와이어 패턴이 형성된 것으로, 엘라스토머 기관에 손상을 가하지 않고도 은 나노 와이어를 직접적으로 패턴화시킬 수 있기 때문에 대면적으로 제조될 수 있다. 이에 따라, 본 발명에 따른 스트레인 게이지는 우수한 반응을 나타낼 뿐만 아니라 대면적에 적용이 가능하여 상용성이 우수하다.
- [0076] 이하, 하기 실시예 및 실험예에 의하여 본 발명을 상세히 설명한다.
- [0077] 단, 하기 실시예 및 실험예는 본 발명을 예시하는 것일 뿐 발명의 범위가 실시예 및 실험예에 의해 한정되는 것은 아니다.
- [0078] <실시예 1> 스트레인 게이지의 제조 1
- [0079] 단계 1: 과불소 중합체로 Poly(3,3,4,4,5,5,6,6,7,7,8,8,9,9,10,10-hepta-decafluorodecyl methacrylate-6-(anthracene-9-yl)hexyl methacrylate)를 플루오르계 용매(HFE-7500, 3M)에 10 중량%로 용해시켜 고분자 용액을 제조하였다. 폴리디메틸실록세인(Poly(dimethylsiloxane, PDMS) 기관 상부에 상기에서 제조된 고분자 용액을 1500 rpm의 회전속도로 스핀코팅하고, 80 ℃ 온도로 열처리하여 과불소 중합체 층을 형성하였다. 이후, 상기에서 제조된 과불소 중합체 층 상부에 패턴된 마스크를 올린 후 MJB4 노광기를 이용하여 3 초 동안 자외선을 조사하였고, 상기에서 자외선으로 조사되지 않은 과불소 중합체를 플루오르계 용매인 HFE 7200 용매로 제거하여 과불소 중합체 패턴을 형성하였다.
- [0080] 단계 2: 아이소프로필 알콜(IPA) 용매에 은 나노 와이어를 전체 용액에 대하여 0.06 중량% 첨가하여 분산시킨 은 나노 와이어 분산액 10 mL를 제조하고, 상기 단계 1에서 과불소 중합체 패턴이 형성된 PDMS 기관 상부에 상기에서 제조된 은 나노 와이어 분산액을 스프레이 코팅하였다.
- [0081] 단계 3: 상기 단계 2까지 처리된 과불소 중합체 패턴을 플루오르계 용매인 HFE 7300 용매로 제거하여 은 나노 와이어 패턴을 형성하였다.
- [0082] 단계 4: 상기 단계 3에서 형성된 은 나노 와이어 패턴 상부에 섀도 마스크(shadow mask)를 덮은 후, 은 나노 와

이어 패턴 양 말단에 백금을 증착시켜 은 나노 와이어 패턴과 전기적으로 접촉되는 금속 전극을 형성하였다.

[0083] <실험예 1> 스트레인 게이지 특성 분석

[0084] (1) 길이 변화에 따른 전류-전압 특성 분석

[0085] 본 발명에 따른 스트레인 게이지의 제조방법으로 제조된 스트레인 게이지의 길이 변화에 따른 전류-전압 특성을 분석하기 위하여, 상기 실시예 1에서 제조된 스트레인 게이지를 사용하여 반도체 분석기(semiconductor analyzer, EL420, ELECS)로 분석하였으며, 그 결과를 도 2에 나타내었다.

[0086] 구체적으로, 스트레인 게이지 양단에 전극을 연결하고, 길이 변화가 없을 때, 그리고 순차적으로 1 mm 씩 길이를 증가시켜 5 mm 길이 증가까지의 전류-전압 그래프를 도출하였다.

[0087] 도 2에 나타난 바와 같이, 길이가 증가할수록 전류값이 감소함을 알 수 있다. 이렇게 제작된 스트레인 게이지는 특정 물체에 부착되어, 물체의 변형에 따라 저항 변화값이 변화되어 그 변화율을 도출하는 용도로 활용될 수 있다.

[0088] (2) 변형률(strain)에 따른 민감도 변화 분석

[0089] 본 발명에 따른 스트레인 게이지의 제조방법으로 제조된 스트레인 게이지의 변형률에 따른 민감도를 분석하기 위하여, 상기 도 2의 그래프를 스트레인 저항 변화율로 변화시켰으며, 그 결과를 도 3에 나타내었다. 스트레인 게이지의 기본 파라미터는 변형률에 대한 민감도로, 양적으로는 게이지 인자(GF)로 표현된다. 이는 하기 수학적식 1에 나타난 바와 같이, 게이지 인자는 길이의 변화(변형률)에 대한 전기 저항 변화의 비율로 정의된다.

[0090] <수학적식 1>

$$GF = \frac{\Delta R/R}{\Delta L/L} = \frac{\Delta R/R}{\epsilon}$$

[0091]

[0092] 일반적으로, 금속성 스트레인 게이지의 게이지 인자는 약 2이나, 본 발명에 따른 제조방법으로 제작된 스트레인 게이지의 게이지 인자는 초기 길이가 1 mm 증가할 때, 11.782이며, 1 mm 길이가 증가할수록 게이지 인자는 더 증가하는 것을 확인할 수 있었다.

[0093] (3) 스트레인 게이지를 구부리고 폼을 때 전류의 변화값 분석

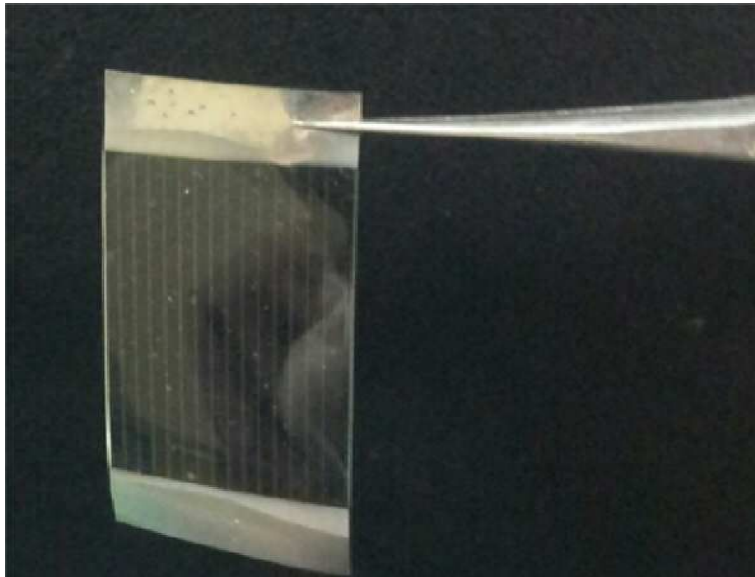
[0094] 본 발명에 따른 스트레인 게이지의 제조방법으로 제조된 스트레인 게이지의 성능을 확인하기 위하여, 상기 실시예 1에서 제조된 스트레인 게이지를 사용하여 반도체 분석기(semiconductor analyzer, EL420, ELECS)로 분석하였으며, 그 결과를 도 4에 나타내었다.

[0095] 구체적으로, 손가락 끝무에 스트레인 게이지를 부착한 뒤, 양 말단에 200 mV 전압을 인가하면서, 손가락을 10 초 간격으로 구부렸다 폼다를 반복하여 전류를 측정하였다.

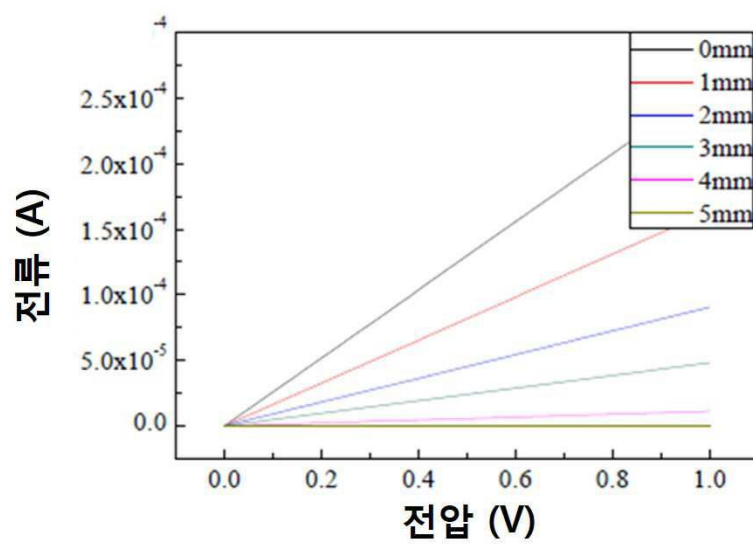
[0096] 도 3에 나타난 바와 같이, 상기 실시예 1에서 제조된 스트레인 게이지가 저항 복원력이 있음을 확인할 수 있었다. 기존 길이 대비 5 mm 까지 늘어나면 전류가 흐르지 않으나, 다시 정상 길이로 돌아오면 동일한 전류가 흐르는 것을 확인할 수 있다. 초기 길이의 20 % 변형율을 주었음에도, 스트레인 게이지는 정상동작하는 것을 확인할 수 있다.

도면

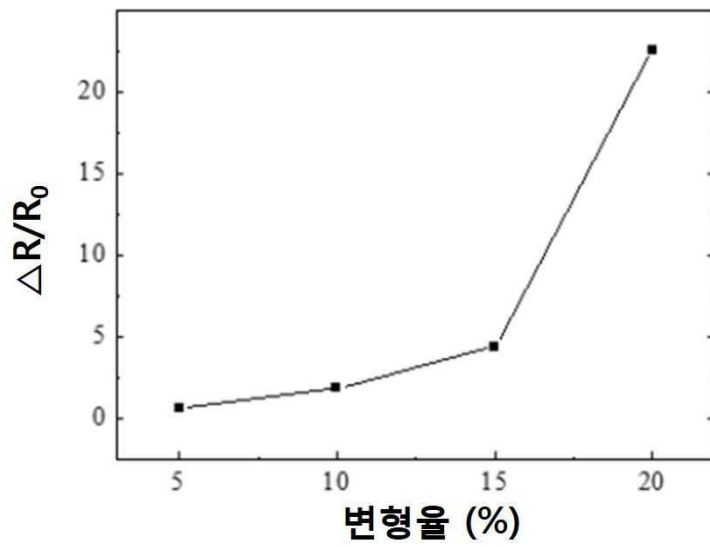
도면1



도면2



도면3



도면4

