(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2021년07월06일
(11) 등록번호 10-2273813
(24) 등록일자 2021년06월30일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B81C 1/00 (2006.01)
(52) CPC특허분류
B81C 1/00095 (2013.01)
B81C 2203/033 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2019-0062617
(22) 출원일자 2019년05월28일
심사청구일자 2019년05월28일
(65) 공개번호 10-2020-0136709
(43) 공개일자 2020년12월08일
(56) 선행기술조사문헌
IEEEXplore
https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8346597(2018.1.21.)
JP2016079541 A*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
연세대학교 산학협력단
서울특별시 서대문구 연세로 50 (신촌동, 연세대학교)
(72) 발명자
김종백
경기도 고양시 일산동구 노루목로 79, 403동 201호(장항동, 호수마을4단지아파트)
오용근
경기도 안양시 동안구 경수대로797번길 5, 103동 2602호(호계동, 한마음아파트)
(74) 대리인
윤병국, 이영규

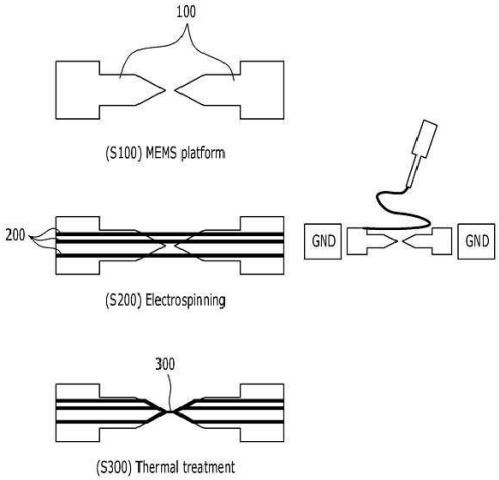
전체 청구항 수 : 총 9 항 심사관 : 심유석

(54) 발명의 명칭 **열처리를 이용한 현수형 나노와이어의 제조방법**

(57) 요 약

본 발명은 MEMS 플랫폼과 열처리를 이용한 현수형 나노와이어의 제조방법에 관한 것으로, 마이크로 갭을 가지는 MEMS 플랫폼을 준비하는 단계; MEMS 플랫폼에 폴리머 용액를 전기방사하여 복수의 나노급 폴리머선을 형성하는 단계; 열처리를 통해 복수의 나노급 폴리머선을 뭉치게 하여 폴리머 나노와이어를 형성하는 단계; 폴리머 나노와이어에 금속 물질을 증착시키는 단계; 및 폴리머 나노와이어를 제거하는 단계;를 포함한다. 본 발명에 따른 현수형 나노와이어의 제조방법은 MEMS 플랫폼과 열처리를 이용함으로써, 나노와이어가 형성되는 위치 및 형성되는 나노와이어의 개수를 조절할 수 있다.

대 표 도 - 도1



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711073022
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	중견연구자지원사업
연구과제명	접촉 기반 MEMS의 장수명 고신뢰성 확보를 위한 나노소재 응용 연구
기 여 율	1/2
과제수행기관명	연세대학교
연구기간	2018.03.01 ~ 2019.02.28

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	2018025986
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	기초연구실육성사업
연구과제명	다중모드 햅틱 인터페이스 연구실
기 여 율	1/2
과제수행기관명	연세대학교
연구기간	2018.06.01 ~ 2019.02.28

명 세 서

청구범위

청구항 1

마이크로 갭(140)을 가지는 MEMS 플랫폼(100)을 준비하는 단계(S100);

MEMS 플랫폼(100)에 폴리머 용액를 전기방사하여 복수의 나노급 폴리머선(200)을 형성하는 단계(S200); 및

상기 나노급 폴리머선(200)을 유리 전이(glass transition) 상태로 만드는 열처리를 통해 복수의 나노급 폴리머선(200)을 유리 전이 상태가 되어 보다 안정적인 상태의 위치인 팁 중앙으로 이동되도록 하되, 팁의 중앙에서 멀리 떨어져 형성된 나노급 폴리머 선은 이동중에 끊어져 뭉치게 하여 폴리머 나노와이어(300)를 형성하는 단계(S300);를 포함하고,

상기 MEMS 플랫폼(100)은, 뾰족하게 튀어나온 삼각형 팁(130)을 포함하는 실리콘 전극(110)이 마이크로 갭(140)을 가지고 서로 이격되어 형성된, 폴리머 나노와이어의 제조방법.

청구항 2

삭제

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 마이크로 갭(140)은 5 ~ 10㎛인 것을 특징으로 하는, 폴리머 나노와이어의 제조방법.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 나노급 폴리머선(200)의 직경은, 100 ~ 1000㎚인 것을 특징으로 하는, 폴리머 나노와이어의 제조방법.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 폴리머 용액은, 폴리에틸렌옥사이드(poly ethylene oxide), 폴리우레탄(poly urethane), 폴리에틸렌(poly ethylene), 폴리프로필렌(poly propylene), 폴리스티렌(poly styrene), 폴리비닐클로라이드(poly vinyl chloride) 및 폴리부타디엔(poly butadiene)으로 이루어진 군 중에서 적어도 하나 이상을 포함하는, 폴리머 나노와이어의 제조방법.

청구항 6

제1항에 있어서,

복수의 나노급 폴리머선(200)을 형성하는 단계(S200)의 전기방사는 10 ~ 120초 동안 수행되는 것을 특징으로 하는, 폴리머 나노와이어의 제조방법.

청구항 7

제1항에 있어서,

폴리머 나노와이어(300)를 형성하는 단계의 열처리는, 60℃의 핫플레이트 위에 나노급 폴리머선(200)이 형성된 MEMS 플랫폼을 올려놓고 3 ~ 5분 동안 수행되는 것을 특징으로 하는, 폴리머 나노와이어의 제조방법.

청구항 8

뾰족하게 튀어나온 삼각형 팁(130)을 포함하는 실리콘 전극(110)이 마이크로 갭(140)을 가지고 서로 이격되어 형성된 MEMS 플랫폼(100)을 준비하는 단계(S100);

MEMS 플랫폼(100)에 폴리머 용액를 전기방사하여 복수의 나노급 폴리머선(200)을 형성하는 단계(S200);

상기 나노급 폴리머선(200)을 유리 전이(glass transition) 상태로 만드는 열처리를 통해 복수의 나노급 폴리머선(200)을 유리 전이 상태가 되어 보다 안정적인 상태의 위치인 팁 중앙으로 이동되도록 하되, 팁의 중앙에서 멀리 떨어져 형성된 나노급 폴리머선은 이동중에 끊어져 뭉치게 하여 폴리머 나노와이어(300)를 형성하는 단계(S300);

폴리머 나노와이어(300)를 형성하는 단계(S300)에서 형성된 폴리머 나노와이어(300)에 금속 물질을 증착시키는 단계; 및

폴리머 나노와이어(300)를 제거하는 단계;를 포함하는, 현수형 나노와이어의 제조방법.

청구항 9

제8항에 있어서,

상기 금속 물질은, 은(Ag), 알루미늄(Al), 금(Au), 팔라듐(Pd), 구리(Cu), 철(Fe), 니켈(Ni), 크롬(Cr), 마그네슘(Mg), 망간(Mn), 몰리브덴(Mo), 인(P), 납(Pb), 백금(Pt), 루테늄(Ru), 티탄(Ti), 텅스텐(W), 아연(Zn) 및 이들의 산화물로 이루어진 군 중에서 적어도 하나 이상을 포함하는 것을 특징으로 하는, 현수형 나노와이어의 제조방법.

청구항 10

제1항 또는 제3항 내지 제7항 중 어느 한 항에 기재된 제조방법으로 제조된 폴리머 나노와이어.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 열처리를 이용한 현수형 나노와이어의 제조방법에 관한 것으로, 보다 상세하게는 MEMS 플랫폼과 열처리를 이용해 나노와이어가 형성되는 위치를 조절할 수 있고, 동시에 형성되는 나노와이어의 개수를 조절할 수 있는 현수형 나노와이어의 제조방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0003] 나노와이어는 부피 대비 높은 표면적과 작은 크기에서 발현되는 물질 고유의 특성 때문에 가스센서, 바이오센서, 촉매 등으로 널리 활용되고 있다. 이러한 나노와이어가 기판에 붙어있을 경우, 상기 나노와이어의 온도는 기판의 열전도도에 의해 크게 영향을 받으며 전류가 흐를 때에는 주변에 기생 커패시턴스(parasitic capacitance)와 같은 불필요한 간섭이 발생될 수 있다. 따라서, 나노와이어 고유의 특성을 온전히 이용하기 위해서는 현수형(suspended) 구조로 제작하는 것이 유리하다.

[0004] 또한, 나노와이어의 형상 및 개수는 가스센서 등과 같은 소자의 성능에 직접적인 영향을 미치기 때문에 나노와이어가 형성되는 위치나 형성되는 나노와이어의 개수를 제어할 필요가 있다.

[0005] 종래의 나노와이어 제작방법으로는, 상향식 기법으로 vapor-liquid-solid(VLS) growth, chemical Vapor

deposition(CVD), 솔-겔 반응(sol-gel processing), 레이저 열분해(laser pyrolysis), 원자 또는 분자 축합(atomic or molecular condensation), 층-층 자기 조립(layer-by-layer self assembly), 분자 자기 조립(molecular self assembly) 등이 있으며, 하향식 기법으로 X선 리소그래피(X-ray lithographt), 전자빔 리소그래피(e-beam lithography), 이온빔 리소그래피(ion-beam lithography), 프린팅과 임프린팅(printing and imprinting) 등이 있다.

[0006] 이러한 종래의 방법들은 평면적 기법이기 때문에 원하는 형상의 3차원적인 나노와이어(현수형 나노와이어 등)를 만들기가 어려우며, 고온 공정으로 비용이 많이 들어가고, 제작 가능한 나노와이어의 물질이 제한되는 문제가 있다.

[0007] 한편, 보다 최근의 나노와이어 제작방법으로 전기 방사를 이용한 나노와이어의 제작방법이 있으며, 이는 소결(sintering) 또는 하소(calcinations)를 이용하여 금속 산화물 나노와이어를 제작하는 방법과 폴리머 템플릿에 다른 물질을 증착하는 방법이 있다.

[0008] 종래의 전기 방사를 이용한 나노와이어 제작방법은 현수형 나노와이어의 제작은 가능하나, 물질이 제한적이고 나노와이어가 형성되는 위치 제어가 불가능한 문제가 있다.

선행기술문헌

비특허문헌

[0010] (비특허문헌 0001) Hollow ZnO Nanofibers Fabricated Using Electrospun Polymer Templates and Their Electronic Transport Properties, ACS Nano, Vol. 3, pp. 2623-2631,2009.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0011] 본 발명에서는 이러한 종래 기술의 문제점을 보다 효과적으로 해결하기 위해, 폴리머 나노와이어를 위치선택적으로 제조할 수 있을 뿐만 아니라, 전체 공정이 일괄 공정(batch fabrication)으로 진행되면서도 형성되는 폴리머 나노와이어의 개수를 조절할 수 있는 폴리머 나노와이어의 제조방법을 제공하고자 한다.

[0012] 또한, 본 발명에서는 상기 폴리머 나노와이어의 제조방법으로 제조된 폴리머 나노와이어에 금속 또는 금속 산화물을 증착시켜, 금속 또는 금속 산화물 나노와이어를 현수형으로 제조하는 현수형 나노와이어의 제조방법을 제공하고자 한다.

과제의 해결 수단

[0014] 본 발명의 일 실시 형태로는, 마이크로 갭(140)을 가지는 MEMS 플랫폼(100)을 준비하는 단계(S100); MEMS 플랫폼(100)에 폴리머 용액를 전기방사하여 복수의 나노급 폴리머선(200)을 형성하는 단계(S200); 및 열처리를 통해 복수의 나노급 폴리머선(200)을 뭉치게 하여 폴리머 나노와이어(300)를 형성하는 단계(S300);를 포함하는 폴리머 나노와이어의 제조방법을 들 수 있다.

[0015] 상기 MEMS 플랫폼(100)은, 뾰족하게 튀어나온 삼각형 팁(130)을 포함하는 실리콘 전극(110)이 마이크로 갭(140)을 가지고 서로 이격되어 형성되는 것이 바람직하며, 상기 마이크로 갭(140)은 5 ~ 10㎛인 것이 더욱 바람직하다.

[0016] 또한, 상기 나노급 폴리머선(200)의 직경은 100 ~ 1000nm일 수 있으며, 상기 폴리머 용액은, 폴리에틸렌옥사이드(poly ethylene oxide), 폴리우레탄(poly urethane), 폴리에틸렌(poly ethylene), 폴리프로필렌(poly propylene), 폴리스티렌(poly styrene), 폴리비닐클로라이드(poly vinyl chloride) 및 폴리부타디엔(poly butadiene)으로 이루어진 군 중에서 적어도 하나 이상을 포함하는 것이 바람직하다.

[0017] 복수의 나노급 폴리머선(200)을 형성하는 단계(S200)의 전기방사는 10 ~ 120초 동안 수행되는 것이 바람직하고, 폴리머 나노와이어(300)를 형성하는 단계(S300)의 열처리는 약 60℃의 핫플레이트 위에 나노급 폴리머선(200)이 형성된 MEMS 플랫폼을 올려놓고 3 ~ 5분 동안 수행되는 것이 더욱 바람직하다.

[0018] 본 발명의 다른 실시형태로는, 현수형 나노와이어의 제조방법을 들 수 있는데, 마이크로 갭(140)을 가지는 MEMS

플랫폼(100)을 준비하는 단계(S100); MEMS 플랫폼(100)에 폴리머 용액를 전기방사하여 복수의 나노급 폴리머선(200)을 형성하는 단계(S200); 열처리를 통해 복수의 나노급 폴리머선(200)을 뭉치게 하여 폴리머 나노와이어(300)를 형성하는 단계(S300); 폴리머 나노와이어(300)를 형성하는 단계(S300)에서 형성된 폴리머 나노와이어(300)에 금속 물질을 증착시키는 단계; 및 폴리머 나노와이어(300)를 제거하는 단계;를 포함한다.

[0019] 상기 금속 물질은, 은(Ag), 알루미늄(Al), 금(Au), 팔라듐(Pd), 구리(Cu), 철(Fe), 니켈(Ni), 크롬(Cr), 마그네슘(Mg), 망간(Mn), 몰리브덴(Mo), 인(P), 납(Pb), 백금(Pt), 루테늄(Ru), 티탄(Ti), 텅스텐(W), 아연(Zn) 및 이들의 산화물로 이루어진 군 중에서 적어도 하나 이상을 포함하는 것이 바람직하다.

[0020] 본 발명의 또 다른 실시형태로는 폴리머 나노와이어를 들 수 있는데, 상기 폴리머 나노와이어는 상술된 폴리머 나노와이어의 제조방법으로 제조되는 것이 바람직하다.

발명의 효과

[0022] 본 발명에 따른 폴리머 나노와이어의 제조방법은 MEMS 플랫폼과 열처리를 이용함으로써, 폴리머 나노와이어가 형성되는 위치 및 형성되는 폴리머 나노와이어의 개수를 조절할 수 있다.

[0023] 또한, 본 발명에 따른 폴리머 나노와이어의 제조방법은 일괄공정(batch process)으로 이루어져 제조 비용을 절감할 수 있다.

[0024] 또한, 본 발명에 따라 제조된 폴리머 나노와이어에 금속 또는 금속 산화물을 증착시킴으로써, 금속 또는 금속 산화물로 이루어진 현수형 나노와이어를 제조할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0026] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 폴리머 나노와이어의 제조방법을 도식적으로 나타낸 것이다.

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 MEMS 플랫폼의 측면도이다.

도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 MEMS 플랫폼의 정면도이다.

도 4 내지 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 폴리머 나노와이어의 형성 원리를 나타낸 모식도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0027] 이하에서는 본 발명의 실시예와 도면을 참조하여 본 발명을 좀 더 상세히 설명한다. 이들 실시예는 오로지 본 발명을 보다 구체적으로 설명하기 위해 예시적으로 제시한 것을 뿐, 본 발명의 범위가 이들 실시예에 의해 제한되지 않는다는 것은 이 기술분야에서 통상의 지식을 가지는 자에 있어서 자명할 것이다.

[0028] 또한, 본 명세서 및 청구범위에 사용된 용어나 단어는 통상적이거나 사전적인 의미로 한정하여 해석되어서는 아니 되며, 본 발명의 기술적 사상에 부합하는 의미와 개념으로 해석되어야 함을 밝혀둔다.

[0029] 도면에서 제안된 발명을 명확하게 설명하기 위해서 설명과 관계없는 부분은 생략하였으며, 명세서 전체를 통하여 유사한 부분에 대해서는 유사한 도면 부호를 붙였다. 그리고 어떤 부분이 어떤 구성요소를 "포함" 한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성 요소를 더 포함할 수 있는 것을 의미한다.

[0030] 본 발명의 용어 "나노급 폴리머선"은 나노스케일의 단일 가닥 폴리머선을 의미하며, "폴리머 나노와이어"는 이러한 복수의 나노급 폴리머선들이 뭉쳐져서 하나의 나노선이 된 상태를 의미한다.

[0031] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 폴리머 나노와이어의 제조방법을 단계별로 나타낸 것이다.

[0032] 도 1을 참조하여 설명하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 폴리머 나노와이어의 제조방법은 마이크로 갭을 가지는 MEMS 플랫폼(100)을 준비하는 단계(S100); 상기 MEMS 플랫폼에 폴리머 용액를 전기방사하여 나노급 폴리머선을 형성하는 단계(S200); 및 열처리를 통해 나노급 폴리머선을 뭉치게 하여 폴리머 나노와이어를 형성하는 단계(S300);를 포함한다. 본 발명의 폴리머 나노와이어의 제조방법은 형성되는 폴리머 나노와이어의 위치 및 개수를 조절할 수 있다. 또한, 본 발명에 따른 폴리머 나노와이어의 제조방법은 전체공정이 일괄공정(batch process)으로 이루어져 제조 비용을 절감할 수 있다.

[0033] 마이크로 갭(140)을 가지는 MEMS 플랫폼(100)을 준비하는 단계(S100)에서 MEMS 플랫폼(100)은, 도 2와 같이, 실리콘 전극(110)이 약 5 내지 10㎛의 마이크로 갭(140)을 가지고 서로 이격되어 형성되는 것이 바람직하다. 상기

실리콘 전극(110)은 SOI(Silicon on Insulator) 웨이퍼를 이용해 제조된 것으로, 실리콘층(150) 사이에 SiO_2 절연층(170)이 형성되어 있는 구조일 수 있다.

[0034] 또한, 본 발명의 폴리머 나노와이어의 제조방법은 나노급 폴리머선들이 열처리에 의해 좀더 안정적인 상태로 이동하는 메커니즘을 이용하기 때문에 나노급 폴리머선들이 좀더 안정적인 상태가 되는 지점으로 유도되도록 MEMS 플랫폼(100)의 구조가 형성되는 것이 바람직하다. 이러한 MEMS 플랫폼의 구조들 중 대표적인 예로, 도 3과 같이, 상기 실리콘 전극(110)은 뾰족하게 튀어나온 삼각형 팁(130)을 포함하는 형태로, 상기 팁(130)이 서로 마주보게 위치되는 것이 바람직하다.

[0035] MEMS 플랫폼(100)에 폴리머 용액를 전기방사하여 나노급 폴리머선(200)을 형성하는 단계(S200)는, 폴리머 용액을 전기방사하여 MEMS 플랫폼(100) 상에 다수의 나노급 폴리머선(200)을 형성하는 단계로, 마이크로 갭(140)을 통해 나노급 폴리머선(200)이 현수형(suspended)으로 형성된다.

[0036] 상기 폴리머 용액은 전기방사법을 통해 나노급 폴리머선(200)을 형성하기 위한 것으로, 전기방사하여 나노급 폴리머선(200)을 형성할 수 있는 폴리머 용액이면 특별히 제한되지 않는다. 예를 들어, 상기 폴리머 용액은 폴리에틸렌옥사이드(polyethylene oxide), 폴리우레탄(polyurethane), 폴리에틸렌(polyethylene), 폴리프로필렌(polypropylene), 폴리스티렌(polystyrene), 폴리비닐클로라이드(polyvinyl chloride) 및 폴리부타디엔(polybutadiene)으로 이루어진 군 중에서 적어도 하나 이상을 포함하는 것이 바람직하며, 더욱 바람직하게는 폴리에틸렌옥사이드(polyethylene oxide)를 포함할 수 있다.

[0037] 상기 전기방사의 조건(전기방사의 시간, 전기방사의 전압, 전기방사의 거리, 전기방사 되는 용액)을 조절하여 형성되는 폴리머 나노와이어(300)의 직경을 조절할 수 있다. 구체적으로, 전기방사 시간이 길어질수록 형성되는 나노급 폴리머선(200)이 많아지게 되고, 이에 따라 뭉쳐지는 나노급 폴리머선(200)의 수가 많아 지기 때문에 최종적으로 생성되는 폴리머 나노와이어(300)가 굵어지게 된다. 또한, 전기방사의 조건을 조절하여 형성되는 나노급 폴리머선(200)의 직경이 커지게 되면 최종적으로 생성되는 폴리머 나노와이어(300)의 직경이 커지게 된다.

[0038] 상기 전기방사는 일반적인 전기방사법을 통해 수행될 수 있다. 일반적인 전기방사법의 원리는 폴리머 용액이 시린지의 토출 노즐을 통해 MEMS 플랫폼(100) 상에 방사되어 나노급 폴리머선(200)이 형성되는 것으로, 나노급 폴리머선(200)을 정렬시키기 위해 두 개의 컬렉터 전극을 활용할 수 있다. 이 때 시린지에는 고압전원장치를 통해 전원이 인가된다. 이 과정을 통하여 MEMS 플랫폼(100) 상에 굵기가 거의 일정한 나노급 폴리머선(200)들을 얻을 수 있다. 이러한 전기방사의 시간은 약 10 내지 120초 일 수 있다.

[0039] 상기 나노급 폴리머선(200)의 직경은 특별히 제한되지 않으나, 형성된 나노급 폴리머선의 응집을 원활하게 하기 위해, 약 100 ~ 1000 nm인 것이 바람직하다.

[0040] 열처리를 통해 나노급 폴리머선(200)을 뭉치게 하여 폴리머 나노와이어(300)를 형성하는 단계(S300)는, 열을 가해 나노급 폴리머선(200)을 유리전이(glass transition) 상태로 만들어 복수의 나노급 폴리머선(200)을 뭉치게 하여 폴리머 나노와이어를 형성하는 단계이다.

[0041] 도 4 내지 6은 복수의 나노급 폴리머선에 열처리를 하여 폴리머 나노와이어를 형성하는 원리를 나타내는 개념도이다. 이를 참조하여 설명하면, MEMS 플랫폼(100) 상에 형성된 나노급 폴리머선(200)에 열을 가하게 되면 복수의 나노급 폴리머선(200)은 유리전이(glass transition) 상태가 되어 보다 안정적인 상태의 위치인 팁(130) 중앙으로 이동하게 된다.

[0042] 이 때, 도 5에 도시된 것과 같이, 팁(130)의 중앙에서 멀리 떨어져 형성된 나노급 폴리머선(210)은 이동 중에 끊어지게 된다. 반면, 도 6에 도시된 것과 같이, 팁(130)의 중앙과 가까운 거리에서 형성된 나노급 폴리머선(220)은 끊어지지 않고 팁(130)의 중앙으로 이동하여 하나로 뭉치게 되어 폴리머 나노와이어(300)를 형성하게 된다.

[0043] 이러한 폴리머 나노와이어(300)를 형성하는 단계(S300)는, 오븐이나 핫플레이트 같은 가열 수단을 이용해 수행될 수 있다. 구체적으로, 나노급 폴리머선(200)이 폴리에틸렌옥사이드(polyethylene oxide, PEO)로 형성된 경우에는, 나노급 폴리머선(200)이 형성된 MEMS 플랫폼(100)을 약 80℃의 오븐에 넣고 약 1분간 열처리를 하는 것이 바람직하며, 핫플레이트를 이용하는 경우에는 나노급 폴리머선(200)이 형성된 MEMS 플랫폼(100)을 약 60℃의 핫플레이트 상에 올려 놓고 약 3 ~ 5분 동안 열처리를 하는 것이 바람직하다. 이러한 열처리 조건은 나노급 폴리머선(200)을 형성하는 물질에 따라 달라질 수 있다.

[0044] 이와 같이 형성된 폴리머 나노와이어(300)에 기상 증착법(evaproration)을 통해 금속 물질을 증착시킬 수 있다.

상기 금속 물질은 증착(evaporation) 가능한 물질이면 특별히 제한되지 않는다. 예를 들어, 상기 금속 물질은 은(Ag), 알루미늄(Al), 금(Au), 팔라듐(Pd), 구리(Cu), 철(Fe), 니켈(Ni), 크롬(Cr), 마그네슘(Mg), 망간(Mn), 몰리브덴(Mo), 인(P), 납(Pb), 백금(Pt), 루테늄(Ru), 티탄(Ti), 텅스텐(W), 아연(Zn) 및 이들의 산화물로 이루어진 군 중에서 적어도 하나 이상을 포함할 수 있다.

[0045] 또한, 이러한 기상 증착법(evaporation)으로는 전자빔 기상 증착법(e-beam evaporation), 열 증착법(thermal evaporation), 스퍼터링 (Supttering) 등을 사용할 수 있다.

[0046] 폴리머 나노와이어(300)에 금속 물질을 증착시킨 후 폴리머 나노와이어(300)를 제거하게 되면, 금속 나노 리본, 금속 또는 금속 산화물 나노와이어를 현수형(suspended)으로 형성할 수 있어 가스센서 등에 이용할 수 있다.

[0047] 폴리머 나노와이어를 제거하는 방법으로는 금속 물질이 증착된 폴리머 나노와이어를 용매에 침지시키는 방법을 이용할 수 있다. 이러한 용매로는 폴리머 나노와이어를 제거 할 수 있으면서 증착된 금속 물질과 MEMS 플랫폼에 손상을 가하지 않는 용매라면 특별히 제한되지 않고 사용될 수 있다. 예를 들어, 상기 용매로는 클로로포름 용액, 아세톤(acetone) 용액, 다이메틸폼아마이드(dimethylformamide) 또는 정제수 등을 사용할 수 있다.

[0048] 또한, 용매 침지시킨 후에 꺼내 말리는 과정에서 증착을 통해 형성된 금속 층의 두께가 약 10nm와 같이 얇은 두께인 경우에는 얇은 두께의 층이 용액에 의해 뭉쳐져 폴리머 나노와이어(300)의 직경과 상관 없이, 매우 작은 직경의 금속 나노와이어가 형성된다. 또한, 금속 물질의 증착 두께가 약 30nm 이상일 경우에는 뭉쳐지는 효과가 없어 금속 나노 리본이 형성된다.

[0049] 또한, 본 발명의 제조방법에 따라 제조된 폴리머 나노와이어(300)를 다른 나노 파티클로 코팅할 수 있다. 이와 같이 나노 파티클이 코팅된 폴리머 나노와이어는 가스센서 등에 이용할 수 있다.

부호의 설명

[0051] 100: MEMS 플랫폼 110: 실리콘 전극

130: 팁 140: 마이크로 갭

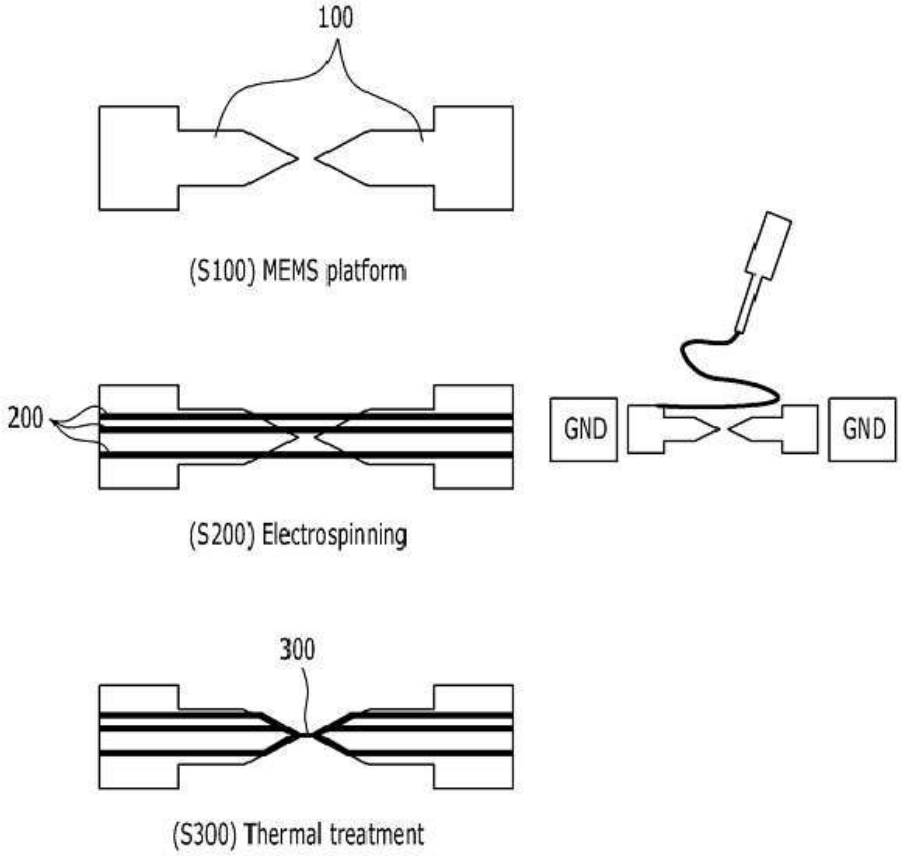
150: 실리콘층 170: 절연층

200, 210, 220: 나노급 폴리머선

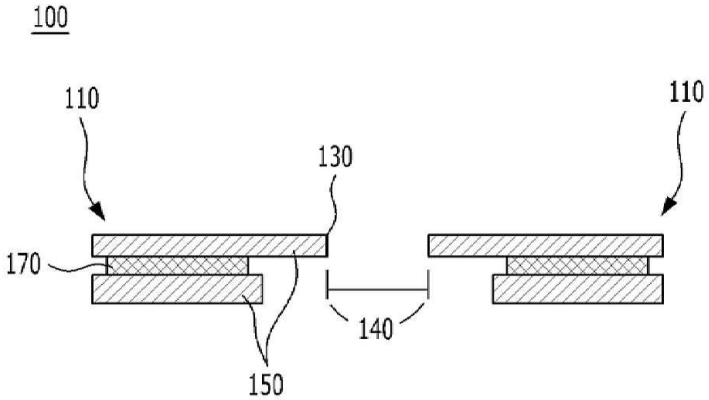
300: 폴리머 나노와이어

도면

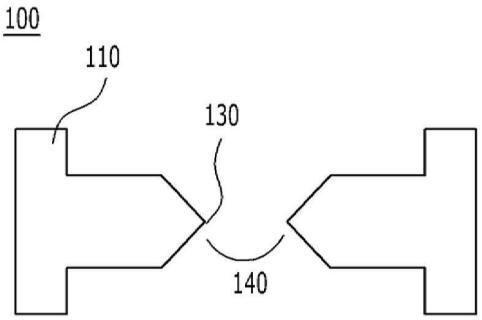
도면1


100
(S100) MEMS platform
200
GND
GND
(S200) Electrospinning
300
(S300) Thermal treatment

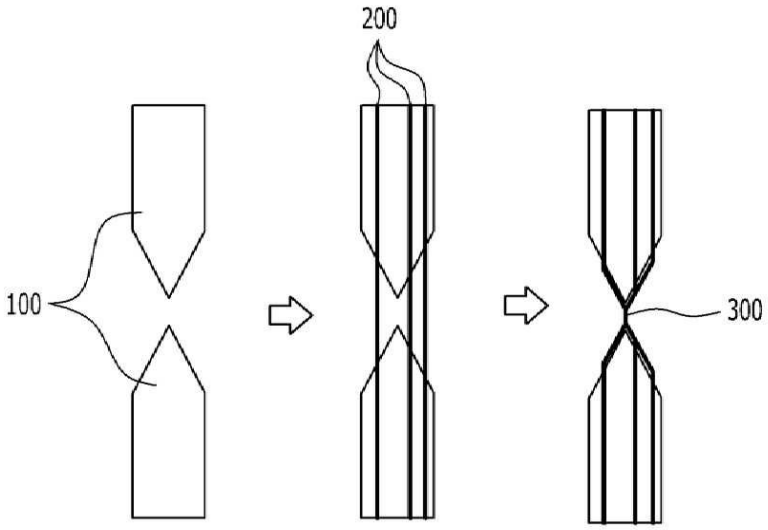
도면2


100
110
130
110
170
140
150

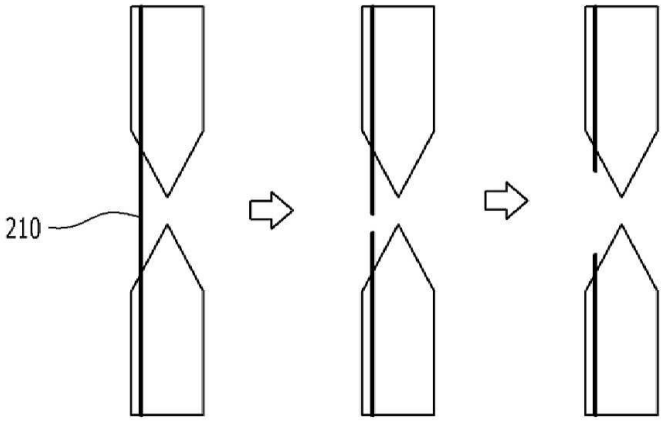
도면3



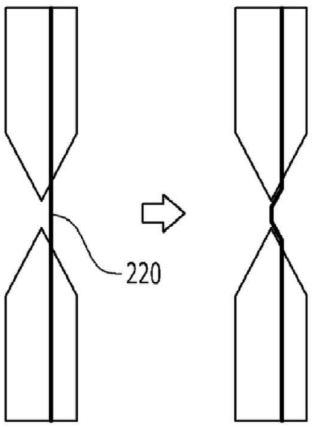
도면4



도면5



도면6



【심사관 직권보정사항】

【직권보정 1】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 청구항 8

【변경전】

뾰족하게 튀어나온 삼각형 팁(130)을 포함하는 실리콘 전극(110)이 마이크로 갭(140)을 가지고 서로 이격되어 형성된 MEMS 플랫폼(100)을 준비하는 단계(S100);

MEMS 플랫폼(100)에 폴리머 용액를 전기방사하여 복수의 나노급 폴리머선(200)을 형성하는 단계(S200);

상기 나노급 폴리머선(200)을 유리 전이(glass transition) 상태로 만드는 열처리를 통해 복수의 나노급 폴리머선(200)을 유리 전이 상태가 되어 보다 안정적인 상태의 위치인 팁 중앙으로 이동되도록 하되, 팁의 중앙에서 멀리 떨어져 형성된 나노급 폴리머선은 이동중에 끊어져 뭉치게 하여 폴리머 나노와이어(300)를 형성하는 단계(S300);

폴리머 나노와이어(300)를 형성하는 단계(S300)에서 형성된 폴리머 나노와이어(300)에 금속 물질을 증착시키는 단계; 및

폴리머 나노와이어(300)를 제거하는 단계;를 포함하는, 현수형 나노와이어의 제조방법.

【변경후】

뾰족하게 튀어나온 삼각형 팁(130)을 포함하는 실리콘 전극(110)이 마이크로 갭(140)을 가지고 서로 이격되어 형성된 MEMS 플랫폼(100)을 준비하는 단계(S100);

MEMS 플랫폼(100)에 폴리머 용액를 전기방사하여 복수의 나노급 폴리머선(200)을 형성하는 단계(S200);

상기 나노급 폴리머선(200)을 유리 전이(glass transition) 상태로 만드는 열처리를 통해 복수의 나노급 폴리머선(200)을 유리 전이 상태가 되어 보다 안정적인 상태의 위치인 팁 중앙으로 이동되도록 하되, 팁의 중앙에서 멀리 떨어져 형성된 나노급 폴리머선은 이동중에 끊어져 뭉치게 하여 폴리머 나노와이어(300)를 형성하는 단계(S300);

폴리머 나노와이어(300)를 형성하는 단계(S300)에서 형성된 폴리머 나노와이어(300)에 금속 물질을 증착시키는 단계; 및

폴리머 나노와이어(300)를 제거하는 단계;를 포함하는, 현수형 나노와이어의 제조방법.