



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2019-0061489
(43) 공개일자 2019년06월05일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01Q 40/02 (2010.01) G01Q 60/00 (2010.01)
(52) CPC특허분류
G01Q 40/02 (2013.01)
G01Q 60/00 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2017-0159925
(22) 출원일자 2017년11월28일
심사청구일자 2017년11월28일

(71) 출원인
서강대학교산학협력단
서울특별시 마포구 백범로 35 (신수동, 서강대학교)
(72) 발명자
이정철
서울특별시 강남구 선릉로 221 204동 1202호
고주희
경기도 원미구 부천시 상일로 71 반달마을 1811동
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
지현조

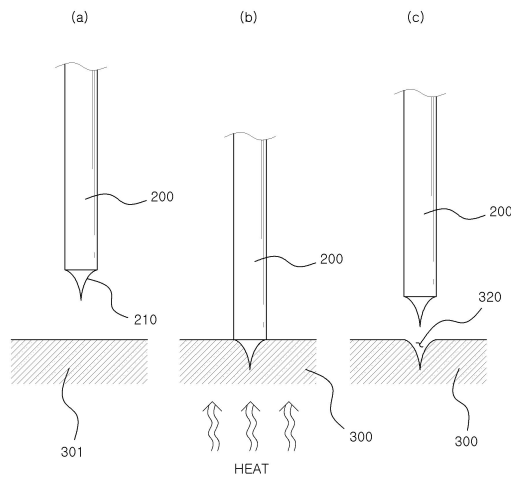
전체 청구항 수 : 총 14 항

(54) 발명의 명칭 대형 사이즈 하이드로젤 탐침 생산방법 및 하이드로젤 탐침

(57) 요약

캔틸레버 구조의 단부에 형성되는 하이드로젤 탐침의 생산방법은, 액상의 폴리머를 제공하는 단계, 침단부를 갖는 와이어 팁을 제공하는 단계, 와이어 팁의 침단부를 액상의 폴리머에 함침하는 단계, 침단부가 함침된 상태에서 액상의 폴리머를 경화하여 음각의 폴리머 몰드를 형성하는 단계, 폴리머 몰드에 광경화성 폴리머 시료를 주입하는 단계, 폴리머 몰드에 캔틸레버 구조를 접근시키는 단계, 캔틸레버 구조가 폴리머 몰드의 광경화성 폴리머 시료와 접촉한 상태에서 노광 공정을 통해 캔틸레버 구조와 일체를 이루는 하이드로젤 탐침을 형성하는 단계, 및 일체를 이루는 캔틸레버 구조와 하이드로젤 탐침을 폴리머 몰드로부터 분리하는 단계를 구비한다.

대표도 - 도2



(72) 발명자

박근한

경기도 김포시 구래동 한가람마을 우미린 아파트
107동 203호

아문 자르웁브스키

3231 S 2600 E, 솔트레이크시티, UT, 84109, 미국

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 2017R1A4A1015564

부처명 과학기술정보통신부

연구관리전문기관 재단법인 한국연구재단

연구사업명 기초연구실지원사업

연구과제명 급속 정밀 냉각 기반 신경 신호전달 모델링 및 제어 기초연구실

기여율 1/2

주관기관 울산과학기술원 산학협력단

연구기간 2017.06.01 ~ 2018.02.28

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 201731024

부처명 미래창조과학부

연구관리전문기관 재단법인 한국연구재단

연구사업명 중견연구자지원사업

연구과제명 가역 재구성 가능한 사차원 나노구조를 위한 유-무기 하이브리드 나노스케일

기여율 1/2

주관기관 서강대학교 산학협력단

연구기간 2017.03.01 ~ 2018.02.28

명세서

청구범위

청구항 1

캔틸레버 구조의 단부에 형성되는 하이드로젤 탐침의 생산방법에 있어서,

액상의 폴리머를 제공하는 단계;

침단부를 갖는 와이어 팁을 제공하는 단계;

상기 와이어 팁의 상기 침단부를 상기 액상의 폴리머에 함침하는 단계;

상기 침단부가 함침된 상태에서 상기 액상의 폴리머를 경화하여 음각의 폴리머 몰드를 형성하는 단계;

상기 폴리머 몰드에 광경화성 폴리머 시료를 주입하는 단계;

상기 폴리머 몰드에 캔틸레버 구조를 접근시키는 단계;

상기 캔틸레버 구조가 상기 폴리머 몰드의 상기 광경화성 폴리머 시료와 접촉한 상태에서 노광 공정을 통해 상기 캔틸레버 구조와 일체를 이루는 하이드로젤 탐침을 형성하는 단계;

일체를 이루는 상기 캔틸레버 구조와 상기 하이드로젤 탐침을 상기 폴리머 몰드로부터 분리하는 단계;를 구비하는 하이드로젤 탐침의 생산방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 침단부를 갖는 상기 와이어 팁을 제공하는 단계는 금속 와이어의 단부를 식각하여 제공되는 것을 특징으로 하는 하이드로젤 탐침의 생산방법.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 금속 와이어에 애노드 전극을 연결하고 염기 용액에 캐소드 전극을 연결한 상태에서, 상기 금속 와이어의 단부를 함침한 상태에서 상기 금속 와이어를 상기 염기 용액 밖으로 이동시키면서 상기 금속 와이어의 단부를 식각하여 뿔 모양의 상기 침단부를 형성하는 것을 특징으로 하는 하이드로젤 탐침의 생산방법.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 염기 용액의 수면에 링 형상의 상기 캐소드 전극을 제공하며, 상기 캐소드 전극의 중심부에서부터 상기 금속 와이어를 연직 상방향으로 분리하여 원뿔 모양의 상기 침단부를 형성하는 것을 특징으로 하는 하이드로젤 탐침의 생산방법.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 침단부가 상기 염기 용액의 수면으로부터 분리되는 순간에 전압을 차단하는 것을 특징으로 하는 하이드로젤 탐침의 생산방법.

청구항 6

제3항에 있어서,

상기 금속 와이어는 텅스텐으로 형성된 것을 특징으로 하는 하이드로젤 탐침의 생산방법.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 와이어 팁의 상기 첨단부를 상기 액상의 폴리머에 함침하기 전에,

상기 폴리머 몰드의 소정의 설계된 깊이 또는 크기에 대응하여, 상기 첨단부 주변으로 메니스커스 판을 제공하며, 상기 메니스커스 판은 상기 와이어 팁의 중심축에 수직하고, 상기 액상의 폴리머의 표면 장력에 의해서 상기 액상의 폴리머는 상기 메니스커스 판의 저면까지 상승한 높이를 유지하고, 상기 폴리머 몰드는 광경화 과정을 통해 상기 메니스커스 판으로부터 상기 설계된 깊이 또는 크기로 형성되는 것을 특징으로 하는 하이드로젤 탐침의 생산방법.

청구항 8

제1항 내지 제7항 중 어느 한 항의 하이드로젤 탐침의 생산방법에 의해 생산된 하이드로젤 탐침에 있어서,

상기 하이드로젤 탐침은 캔틸레버 구조의 단부에 일체로 형성되며, 광경화성 폴리머 시료를 경화시켜 제공되는 것을 특징으로 하는 하이드로젤 탐침.

청구항 9

제8항에 있어서,

상기 하이드로젤 탐침과 상기 캔틸레버 구조 간의 접촉면의 크기는 최소 100 μ m 이상 300 μ m 이하인 것을 특징으로 하는 하이드로젤 탐침.

청구항 10

캔틸레버 구조의 단부에 하이드로젤 탐침을 형성하기 위한 폴리머 몰드에 있어서,

상기 폴리머 몰드는 상면으로부터 돌출된 메니스커스 돌기 및 상기 메니스커스 돌기의 중앙에서 하방으로 형성된 음각 뿔 모양의 홈을 포함하며,

상기 메니스커스 돌기의 상면을 평탄하고,

음각 뿔 모양의 상기 홈에 광경화성 폴리머 시료가 주입되며, 상기 메니스커스 돌기의 상면에서 상기 광경화성 폴리머 시료와 접촉한 상태에서 노광 공정을 통해 성형되는 하이드로젤 탐침이 상기 캔틸레버 구조와 일체를 이루는 것을 특징으로 하는 폴리머 몰드.

청구항 11

제10항에 있어서,

첨단부를 갖는 와이어 팁을 액상의 폴리머에 함침하고, 상기 첨단부가 함침된 상태에서 상기 액상의 폴리머를 경화하여 상기 폴리머 몰드가 형성되되,

상기 폴리머 몰드의 소정의 설계된 깊이 또는 크기에 대응하여, 상기 첨단부 주변으로 메니스커스 판이 상기 와이어 팁의 중심축에 수직하게 제공되고, 상기 액상의 폴리머의 표면 장력에 의해서 상기 액상의 폴리머는 상기 메니스커스 판의 저면까지 상승한 높이를 유지하고, 상기 폴리머 몰드는 상기 액상의 폴리머를 광경화하는 과정을 통해 상기 메니스커스 판으로부터 상기 설계된 깊이 또는 크기로 형성되는 것을 특징으로 하는 폴리머 몰드.

청구항 12

제10항에 있어서,

상기 와이어 팁은 금속 와이어의 단부를 식각하여 제공되되,

상기 금속 와이어에 애노드 전극을 연결하고 염기 용액에 캐소드 전극을 연결한 상태에서, 상기 금속 와이어의 단부를 부분적으로 함침한 상태에서 상기 금속 와이어를 상기 염기 용액 밖으로 이동시키면서 상기 금속 와이어의 단부를 식각하여 뿔 모양의 상기 첨단부가 형성되는 것을 특징으로 하는 폴리머 몰드.

청구항 13

제12항에 있어서,

상기 염기 용액의 수면에 링 형상의 상기 캐소드 전극을 제공하며, 상기 캐소드 전극의 중심부에서부터 상기 금속 와이어를 연직 상방향으로 분리하면서 원뿔 모양의 상기 첨단부가 형성되는 것을 특징으로 하는 폴리머 몰드.

청구항 14

제13항에 있어서,

상기 첨단부가 상기 염기 용액의 수면으로부터 분리되는 순간에 전압을 차단하며 상기 첨단부의 끝을 뾰족하게 형성하는 것을 특징으로 하는 폴리머 몰드.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 하이드로젤 탐침에 관한 것으로서, 상대적으로 대형 사이즈의 하이드로젤 탐침을 캔틸레버 또는 튜닝 포크에 형성하기 위한 하이드로젤 탐침 생산방법 및 그에 따른 하이드로젤 탐침에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 일반적인 탐침형 원자 현미경(scanning probe microscope)은 원자 간의 인력을 이용한 것으로서, 팁 끝의 원자와 대상 표면의 원자 간의 힘을 이용하여 대상 표면의 상태를 측정할 수 있다. 탐침형 원자 현미경은 캔틸레버(cantilever) 또는 튜닝 포크와 같은 외팔보 구조를 이용하며, 그 끝에 작은 크기의 탐침(probe)을 포함한다.

[0003] 탐침으로 시료의 표면을 스캔하여 나노미터 또는 그 이하 수준까지 측정할 수 있으며, 광학 현미경이 최고 수천 배, 전자 현미경이 수십만 배의 배율을 제공하는 것에 비해 원자 현미경은 수천만 배의 배율을 가지며, 높은 해상도를 이용하여 원자구조까지 직접 측정할 수 있다.

[0004] 또한, 원자 현미경으로는 시료 표면의 점탄성, 경도 등의 특성까지 측정할 수 있고, 수 나노미터 크기의 탐침을 이용해 시료를 직접 조작하여 나노미터의 물체를 제조하는 등 나노 산업의 핵심 장치로 이용되고 있으며, 나노 수준의 해상도로 시료의 표면형상, 전기 또는 자기적인 성질까지 알 수 있다.

[0005] 이러한 원자 현미경은 캔틸레버 또는 튜닝 포크 끝에 있는 탐침이 시료와 가까워지면 원자력에 의하여 튜닝 포크 등이 휘는 동작원리를 이용하며, 튜닝 포크의 휨에 의해 전기적 특성이 변화하는 것을 이용할 수가 있다.

[0006] 튜닝 포크는 정밀 오실레이터, 시계 크리스탈 등에서 사용되는 전자 부품으로서, 주파수 특성이 매우 좋은 석영을 이용하여 고유 파장수만큼 진동하는 소자이다. 튜닝 포크는 매우 민감하여 주변의 환경이 변하면 고유 파장이 조금씩 쉬프트할 수 있으며, 튜닝 포크 끝에 걸리는 미세한 힘에도 민감하게 반응할 수 있어 원자 현미경 등에도 사용이 가능하다. 즉, 석영 튜닝 포크에 탐침을 부착하여 AFM으로 사용하게 되면 기존 특허에서 적용된 광학적으로 변위를 측정하는 AFM과 달리 전기적인 신호로써 물체의 이미지를 얻을 수 있다.

[0007] 이와 관련하여, 한국등록특허 제10-1601742호에는 "미소 캔틸레버 제조방법"이 개시되어 있다. 상기 한국등록특허는 약 50 μ m 폭의 캔틸레버 및 그 캔틸레버 상에 제공되는 약 20 μ m 크기의 탐침에 관한 것이다. 탐침 몰드를 이용하여 하이드로젤 탐침을 형성하며, 탐침 몰드는 실리콘 웨이퍼를 KOH 등의 용액으로 식각하여 형성하는 내용을 포함한다.

[0008] 하지만, 석영 튜닝 포크 등은 단부의 폭이 약 300 μ m 정도이며, 상기 한국등록특허에 기재된 내용만으로 탐침을 형성하기에 식각 시간이 너무 오래 걸리며, 재료의 소모도 너무 크다는 단점이 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0009] 본 발명은 위와 같은 문제점을 극복하기 위한 것으로서, 기존의 미소 캔틸레버에 형성되는 탐침보다도 약 10배 이상 되는 하이드로젤 탐침을 생산하기 위한 방법 및 그로 인한 하이드로젤 탐침을 제공한다.

[0010] 본 발명은 탐침 몰드를 형성하기 위한 시간이 짧으며, 재료의 소모가 적은 하이드로젤 탐침의 생산방법 및 그로

인한 하이드로젤 탐침을 제공한다.

[0011] 본 발명은 탐침 몰드를 통한 탐침을 성형함에 있어서 원하는 형상으로 성형 결과를 조절할 수 있는 하이드로젤 탐침의 생산방법 및 그로 인한 하이드로젤 탐침을 제공한다.

과제의 해결 수단

[0012] 상술한 본 발명의 목적들을 달성하기 위한 본 발명의 바람직한 실시예에 따르면, 캔틸레버 구조의 단부에 형성되는 하이드로젤 탐침의 생산방법은, 액상의 폴리머를 제공하는 단계, 첨단부를 갖는 와이어 팁을 제공하는 단계, 와이어 팁의 첨단부를 액상의 폴리머에 함침하는 단계, 첨단부가 함침된 상태에서 액상의 폴리머를 경화하여 음각의 폴리머 몰드를 형성하는 단계, 폴리머 몰드에 광경화성 폴리머 시료를 주입하는 단계, 폴리머 몰드에 캔틸레버 구조를 접근시키는 단계, 캔틸레버 구조가 폴리머 몰드의 광경화성 폴리머 시료와 접촉한 상태에서 노광 공정을 통해 캔틸레버 구조와 일체를 이루는 하이드로젤 탐침을 형성하는 단계, 및 일체를 이루는 캔틸레버 구조와 하이드로젤 탐침을 폴리머 몰드로부터 분리하는 단계를 구비한다.

[0013] 첨단부를 갖는 와이어 팁을 제공하는 단계는 금속 와이어의 단부를 식각하여 제공될 수 있으며, 금속 와이어는 텅스텐 등을 이용할 수 있다.

[0014] 와이어 팁에 첨단부를 형성하기 위해서, 전기화학적 식각을 이용할 수 있다. 예를 들어, 금속 와이어에 애노드 전극을 연결하고 염기 용액에 캐소드 전극을 연결한 상태에서, 금속 와이어의 단부를 함침한 상태에서 금속 와이어를 염기 용액 밖으로 천천히 이동시키면서 금속 와이어의 단부를 식각할 수 있다. 금속 와이어의 이동 속도를 조절하면서 원하는 종횡비를 갖도록 금속 와이어의 단부를 식각할 수 있으며, 이를 조절하여 다양한 뿔 모양의 첨단부를 형성할 수 있다.

[0015] 첨단부는 원뿔 형상으로 형성할 수도 있다. 이를 위해서 염기 용액의 수면에 링 형상의 캐소드 전극을 제공하며, 캐소드 전극의 중심부에서부터 금속 와이어를 연직 상방향으로 이동시키면서 용액으로부터 분리하여 원뿔 모양의 첨단부를 형성할 수 있다.

[0016] 첨단부가 염기 용액의 수면으로부터 분리되는 순간에는 오히려 첨단부의 끝이 뭉툭해질 수 있는데, 본 발명에서는 첨단부가 염기 용액의 수면으로부터 분리되는 순간에 전압을 차단하여 첨단부의 끝이 뭉툭해지지 않고 뾰족하게 유지되도록 할 수 있다.

[0017] 와이어 팁의 첨단부를 액상의 폴리머에 함침하기 전에, 폴리머 몰드의 소정의 설계된 깊이 또는 크기에 대응하도록 첨단부 주변으로 메니스커스 판(meniscus plate)을 제공할 수 있다. 메니스커스 판은 중앙에 와이어 팁이 통과할 수 있는 구멍을 포함할 수 있으며, 와이어 팁의 중심축에 수직하도록 와이어 팁에 고정될 수 있다. 메니스커스 판과 와이어 팁 사이의 공간은 에폭시 등의 충전재로 마감될 수 있다.

[0018] 메니스커스 판이 고정된 상태에서 와이어 팁은 액상의 폴리머 수면에 접근할 수 있다. 이때 표면 장력에 의해서 액상의 폴리머는 메니스커스 판의 저면까지 상승한 높이를 유지할 수 있으며, 폴리머 몰드는 광경화 과정을 통해 메니스커스 판으로부터 설계된 깊이 또는 크기의 홈을 갖도록 형성되는 것이 가능하다.

[0019] 상술한 본 발명의 목적들을 달성하기 위한 본 발명의 바람직한 실시예에 따르면, 상술한 하이드로젤 탐침의 생산방법에 의해 생산된 하이드로젤 탐침이 제공될 수 있다.

[0020] 본 실시예에 따른 하이드로젤 탐침은 캔틸레버 구조의 단부에 일체로 형성되며, 광경화성 폴리머 시료를 경화시켜 제공될 수 있다. 본 명세서에서 캔틸레버 구조라 함은 일반적인 캔틸레버 형상을 구조물로서 석영 튜닝 포크 역시 캔틸레버 구조를 가진다고 할 수 있다.

[0021] 하이드로젤 탐침과 캔틸레버 구조 간의 접촉면의 크기는 100 μ m 이상 300 μ m 이하로 제공될 수 있으며, 첨단부를 포함하는 와이어 팁을 이용하여 형성되기 때문에 상기 크기로의 제작이 가능하다.

[0022] 상술한 본 발명의 목적들을 달성하기 위한 본 발명의 바람직한 실시예에 따르면, 캔틸레버 구조의 단부에 하이드로젤 탐침을 형성하기 위한 폴리머 몰드는, 상면으로부터 돌출된 메니스커스 돌기 및 메니스커스 돌기의 중앙에서 하방으로 형성된 음각 뿔 모양의 홈을 포함할 수 있다. 메니스커스 돌기의 상면은 평탄하게 제공될 수 있으며, 폴리머 몰드에서 메니스커스 돌기가 형성되는 것은 신규하기 때문에, 폴리머 몰드가 와이어 팁 및 메니스커스 판을 이용하여 형성되었음을 바로 확인이 가능하다.

[0023] 음각 뿔 모양의 홈에 광경화성 폴리머 시료가 주입될 수 있으며, 메니스커스 돌기의 상면에서 캔틸레버 구조는

광경화성 폴리머 시료와 접촉한 상태에서 노광 공정을 통해 성형되는 하이드로젤 탐침과 일체를 이룰 수 있다.

[0024] 침단부를 갖는 와이어 팁을 액상의 폴리머에 함침하고, 침단부가 함침된 상태에서 액상의 폴리머를 경화하여 폴리머 몰드가 형성될 수 있다. 여기서, 폴리머 몰드의 소정의 설계된 깊이 또는 크기에 대응하여, 침단부 주변으로 메니스커스 판이 와이어 팁의 중심축에 수직하게 제공되고, 액상의 폴리머의 표면 장력에 의해서 액상의 폴리머는 메니스커스 판의 저면까지 상승한 높이를 유지하고, 폴리머 몰드는 액상의 폴리머를 광경화하는 과정을 통해 메니스커스 판으로부터 설계된 깊이 또는 크기로 형성될 수 있다.

[0025] 와이어 팁은 금속 와이어의 단부를 식각하여 제공되며, 금속 와이어에 애노드 전극을 연결하고 염기 용액에 캐소드 전극을 연결한 상태에서, 금속 와이어의 단부를 부분적으로 함침한 상태에서 금속 와이어를 염기 용액 밖으로 이동시키면서 금속 와이어의 단부를 식각하여 뿔 모양의 침단부가 형성될 수 있다.

[0026] 상기 염기 용액의 수면에 링 형상의 상기 캐소드 전극을 제공하며, 상기 캐소드 전극의 중심부에서부터 금속 와이어를 연직 상방향으로 분리하면서 뿔 모양의 침단부가 형성되도록 할 수 있다. 그리고 침단부가 염기 용액의 수면으로부터 분리되는 순간에 전압을 차단하며 침단부의 끝을 뾰족하게 형성할 수도 있다.

발명의 효과

[0027] 본 발명의 하이드로젤 탐침 및 그 생산방법에 따르면, 몰드를 직접 식각하는 기존의 미소 캔틸레버 형성방법에 비해, 약 10배 이상 되는 하이드로젤 탐침을 생산할 수 있으며, 생산되는 하이드로젤 탐침도 좀 더 빠르고 다양한 형상으로 형성할 수 있다.

[0028] 본 발명의 하이드로젤 탐침 및 그 생산방법은 탐침 몰드를 형성하기 위한 시간이 짧으며, 재료의 소모가 적어 경제적이고, 복잡한 MEMS 공정이 없어 저렴한 단가로 나노 스케일 원자 현미경 탐침을 생산하는 것이 가능하다.

[0029] 본 발명의 하이드로젤 탐침 및 그 생산방법은 탐침 몰드를 통한 탐침을 성형함에 있어서 원하는 형상으로 성형 결과를 조절할 수 있다.

[0030] 또한, 본 발명에 따른 폴리머 몰드는 탄성체로서 압축 변형이 가능하며, 와이어 팁의 침단부를 복제하여 홈을 형성한 후에도 부분적으로 압축함으로써 중횡비 및 반경 등을 설계에 맞게 조절할 수가 있다.

[0031] 또한, 상대적으로 저렴하고 공진 주파수가 일정한 석영 튜닝 포크를 이용하는 것이 가능해짐으로써, 기존의 MEMS 공정에서 생산된 캔틸레버 구조에 비해 정확한 공진 주파수를 형성할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0032] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 하이드로젤 탐침과 종래의 미소 캔틸레버용 탐침을 비교하기 위한 사진이다.

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 하이드로젤 탐침의 생산방법 중 폴리머 몰드를 형성하는 과정을 설명하기 위한 도면이다.

도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 하이드로젤 탐침의 생산방법 중 폴리머 몰드를 이용하여 하이드로젤 탐침을 생산하는 과정을 설명하기 위한 도면이다.

도 4 및 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 하이드로젤 탐침의 생산방법 중 와이어 팁을 형성하는 과정을 설명하기 위한 도면이다.

도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 하이드로젤 탐침의 생산방법 중 와이어 팁을 액상의 폴리머에 함침하는 과정에서 발생할 수 있는 경우를 설명하기 위한 도면이다.

도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 하이드로젤 탐침의 생산방법 중 폴리머 몰드의 개선된 형성 과정을 설명하기 위한 도면이다.

도 8은 도 7의 폴리머 몰드의 개선된 형성 과정에 사용되는 와이어 팁 및 그 효과를 설명하기 위한 도면이다.

도 9 내지 도 11은 본 발명의 여러 실시예에 따른 하이드로젤 탐침의 생산방법 및 그에 따른 하이드로젤 탐침을 설명하기 위한 사진 및 그래프이다.

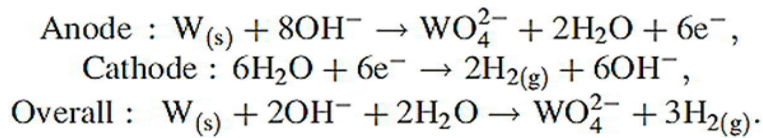
발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0033] 이하 첨부된 도면들을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예를 상세하게 설명하지만, 본 발명이 실시예에 의해 제한되거나 한정되는 것은 아니다. 참고로, 본 설명에서 동일한 번호는 실질적으로 동일한 요소를 지칭하며, 이러한 규칙 하에서 다른 도면에 기재된 내용을 인용하여 설명할 수 있고, 당업자에게 자명하다고 판단되거나 반복되는 내용은 생략될 수 있다.
- [0034] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 하이드로젤 탐침과 종래의 미소 캔틸레버용 탐침을 비교하기 위한 사진이고, 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 하이드로젤 탐침의 생산방법 중 폴리머 몰드를 형성하는 과정을 설명하기 위한 도면이고, 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 하이드로젤 탐침의 생산방법 중 폴리머 몰드를 이용하여 하이드로젤 탐침을 생산하는 과정을 설명하기 위한 도면이다.
- [0035] 도 1을 참조하면, 좌측에는 약 50 μ m의 폭을 갖는 종래의 미세 캔틸레버에 형성된 하이드로젤 탐침이 게시되며, 우측에는 약 300 μ m의 너비를 갖는 석영 튜닝 포크 및 그 석영 튜닝 포크의 끝에 형성된 본 실시예에 따른 하이드로젤 탐침이 게시된다.
- [0036] 본 실시예에 따른 하이드로젤 탐침은 약 200 μ m의 크기로 석영 튜닝 포크의 단부에 일체로 형성되며, 원뿔 모양으로 높은 중횡비를 갖도록 형성된다. 반면, 종래의 하이드로젤 탐침은 약 20 μ m의 크기로 미세 캔틸레버의 실리콘 빔에 형성되며, 사각뿔 또는 피라미드 형상으로 형성된다.
- [0037] 도시된 바와 같이, 본 실시예에 따른 하이드로젤 탐침은 종래에 비해 약 10배 또는 그 이상의 크기로 형성되는 것이 가능하다. 또한, 종래의 하이드로젤 탐침은 실리콘 웨이퍼를 식각하여 제공되는 홈에 형성되기 때문에, 사각뿔 형상으로만 형성이 가능하다.
- [0038] 만약, 본 실시예에서와 같이, 종래의 방법으로 약 200 μ m의 크기를 갖는 탐침을 형성하고자 한다면, 약 1000배의 부피를 갖는 홈을 형성해야 하므로 홈을 형성하는 시간도 현저하게 증가하며, 재료의 소비도 과도해질 수가 있다.
- [0039] 도 2 및 도 3을 참조하면, 본 실시예에 따른 하이드로젤 탐침의 제조방법은 침단부(210)를 갖는 와이어 팁(200)을 이용하는 것을 특징으로 하며, 와이어 팁(200)을 형성하기 위한 방법 및 그 와이어 팁(200)을 이용하여 형성된 폴리머 몰드(300) 역시 고유의 기술적 및 형태적 특징을 갖는다.
- [0040] 우선, 도 2의 (a)를 보면, 하이드로젤 탐침을 형성하기 위해 액상의 폴리머(301) 및 와이어 팁(200)이 제공되며, 와이어 팁(200)의 하부에는 침단부(210)가 형성된다. 액상의 폴리머(301)는 액상의 h-PDMS 등이 사용될 수 있으며, 와이어 팁(200)는 텅스텐 와이어의 단부를 전기화학적으로 식각하여 원뿔 모양으로 형성된 침단부(210)를 포함할 수 있다.
- [0041] 도 2의 (b)를 보면, 와이어 팁(200)의 침단부(210)를 액상의 폴리머(301)에 함침한 후, 열을 이용하여 액상 폴리머(301)를 경화시킬 수 있다. 액상 폴리머(301)가 경화된 이후, 폴리머 몰드(300)가 형성된다.
- [0042] 도 2의 (c)를 보면, 폴리머 몰드(300)로부터 와이어 팁(200)을 분리할 수 있다. 경화된 이후 폴리머 몰드(300)에는 와이어 팁(200)의 침단부(210)에 대응하는 음각의 홈(320)이 형성될 수 있으며, 여기서 홈(320)은 후술하는 하이드로젤 탐침(100)을 형성하기 위한 몰드로서 기능을 할 수 있다.
- [0043] 도 3의 (d)를 보면, 폴리머 몰드(300)의 홈(320)에 피펫을 이용하여 PEG-DA와 같은 광경화성 폴리머 시료(101)를 주입할 수 있다. 이 외에도 광경화성 폴리머 시료는 다양한 광경화성 물질을 이용하여 형성될 수 있다.
- [0044] 도 3의 (e)를 보면, 광경화성 폴리머 시료(101)가 있는 폴리머 몰드(300)의 상부에서 z-방향 스테이지로 석영 튜닝 포크(110)와 같은 캔틸레버 구조가 접근할 수 있다.
- [0045] 도 3의 (f)를 보면, 석영 튜닝 포크(110)가 폴리머 몰드(300)의 광경화성 폴리머 시료(101)와 접촉한 상태에서, 저면으로부터 자외선이 조사될 수 있다. 이 노광 공정을 통해서 홈(320) 내의 광경화성 폴리머 시료(101)가 경화될 수 있으며, 경화와 동시에 하이드로젤 탐침(100)이 석영 튜닝 포크(110)의 단부에서 일체로 결합될 수 있다.
- [0046] 도 3의 (g)를 보면, 일체를 이루는 석영 튜닝 포크(110)와 하이드로젤 탐침(100)은 상호 결합된 상태를 유지하며, 폴리머 몰드(300)로부터 분리될 수 있다.
- [0047] 도 4 및 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 하이드로젤 탐침의 생산방법 중 와이어 팁을 형성하는 과정을 설명하기 위한 도면이다.

[0048] 도 4 및 도 5를 참조하면, 침단부(210)를 갖는 와이어 텡(200)을 생산하기 위해 텡스텐 와이어(201)를 이용할 수 있으며, 텡스텐 와이어(201)의 단부를 전기화학적으로 식각하여 침단부(210)를 형성할 수 있다.

[0049] 전기화학적 식각을 위해 텡스텐 와이어(201)는 약 3.5V의 전압을 제공하는 전극에 연결될 수 있으며, 3몰의 수산화나트륨 용액을 포함하는 용기에서 용액의 수면으로는 링 형상의 전극(230)이 음극에 연결될 수 있다. 전기회로는 전원을 차단할 수 있는 회로를 포함할 수 있다.

[0050] 도 5에 도시된 바와 같이, 텡스텐 와이어(201)의 단부를 함침한 상태에서 전기회로에 전원을 인가할 수 있다. 전원이 인가됨에 따라 텡스텐 와이어(201)와 연결된 애노드 전극에서는 텡스텐이 산소와 결합하여 식각되며, 캐소드 전극에서는 물과 전자가 결합하여 수소 등이 발생할 수 있다.



[0051]

[0052] 링 형상의 전극(230)에 의해서 텡스텐 와이어(201)의 주변으로 식각 반응은 골고루 진행되며, 텡스텐 와이어(201)를 염기 용액 밖으로 천천히 이동시킴으로써 텡스텐 와이어(201)의 하부가 원뿔 모양으로 점점 가늘어지도록 할 수 있다. 여기서 작업자는 텡스텐 와이어(201)의 상승 속도를 조절하면서 원하는 중형비를 갖도록 텡스텐 와이어(201)의 단부를 식각할 수 있다.

[0053] 본 실시예에서 침단부(210)는 원뿔 형상으로 형성될 수 있다. 침단부(210)가 염기 용액의 수면으로부터 분리되는 순간에는 전기회로는 전압을 차단하여 침단부(210)의 끝이 뭉툭해지지 않고 뾰족하게 유지되도록 할 수 있다. 왜냐하면, 침단부(210)가 염기 용액의 수면으로부터 분리되는 순간에도 계속 반응이 지속되면 오히려 침단부의 끝이 뭉툭해질 수 있기 때문이다.

[0054] 본 실시예에서는 텡스텐 와이어(201)가 끊어지는 지점, 즉 수면에서 분리되는 순간의 임계값을 미리 설정하고, 전류를 모니터링하다가 미리 설정된 임계값에 도달하면 전압을 차단함으로써 텡스텐 와이어(201)의 침단부(210) 끝 부분이 뭉툭해 지는 것을 방지할 수 있다.

[0055] 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 하이드로젤 탐침의 생산방법 중 와이어 텡을 액상의 폴리머에 함침하는 과정에서 발생할 수 있는 경우를 설명하기 위한 도면이고, 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 하이드로젤 탐침의 생산방법 중 폴리머 몰드의 개선된 형성 과정을 설명하기 위한 도면이고, 도 8은 도 7의 폴리머 몰드의 개선된 형성 과정에 사용되는 와이어 텡 및 그 효과를 설명하기 위한 도면이다.

[0056] 도 6을 참조하면, 와이어 텡(200)을 액상 폴리머(301)에 접근시키는 경우, 액상 폴리머(301)의 표면 장력에 의해서 메니스커스(meniscus)가 발생할 수 있다. 메니스커스에 의해서 침단부(210)의 표면을 타고 액상 폴리머(301)의 일부가 침단부(210) 주변을 수용할 수 있는데, 이때 메니스커스의 높이가 일정하지 않다는 문제점이 제기될 수 있다.

[0057] 도 7 및 도 8을 참조하면, 와이어 텡(200)의 침단부(210)를 액상의 폴리머(301)에 함침하기 전에, 폴리머 몰드(300)의 소정의 설계된 깊이(h) 또는 크기에 대응하도록 침단부(210) 주변으로 메니스커스 관(240)을 제공할 수 있다.

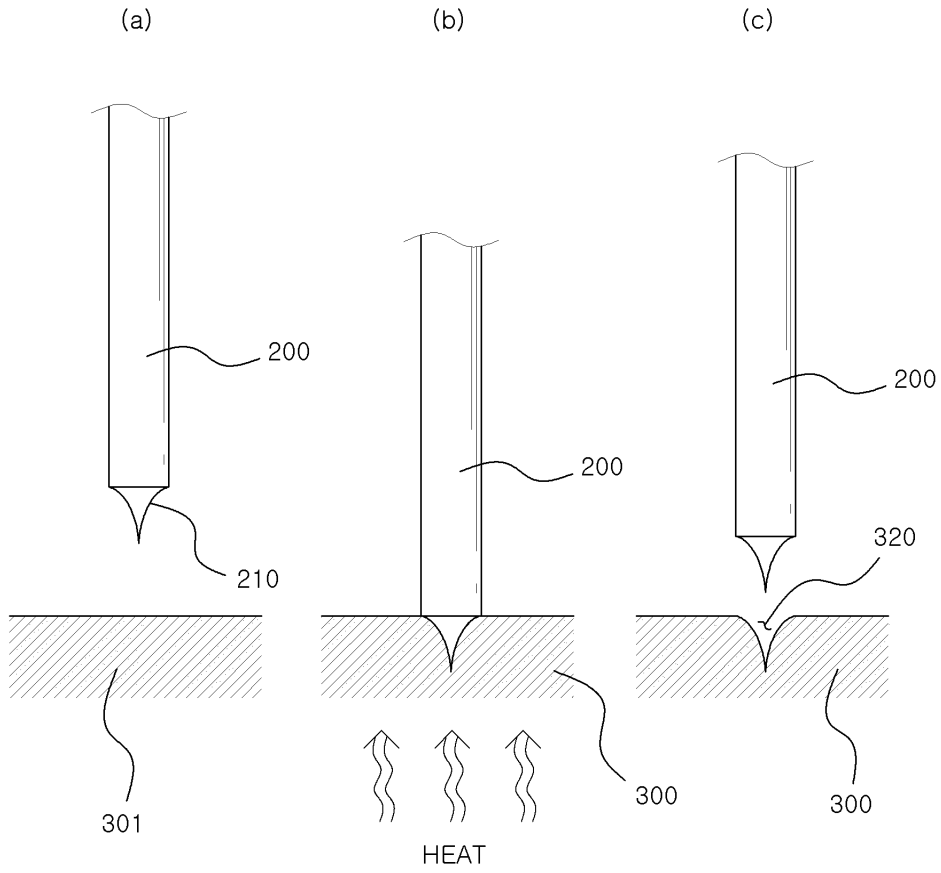
[0058] 메니스커스 관(240)은 중앙에 와이어 텡(200)이 통과할 수 있는 구멍(242)을 포함할 수 있으며, 와이어 텡(200)의 중심축에 수직하도록 와이어 텡(200)에 고정될 수 있다. 메니스커스 관(240)과 와이어 텡(200) 사이의 공간은 에폭시 등의 충진재로 마감될 수 있다.

[0059] 도 8의 (d)를 보면, 메니스커스 관(240)이 고정된 상태에서 와이어 텡(200)은 액상의 폴리머(301) 수면에 접근할 수 있다. 이때 표면 장력에 의해서 액상의 폴리머(301)는 메니스커스 관(240)의 저면까지 상승한 높이를 유지할 수 있으며, 폴리머 몰드(300)는 광경화 과정을 통해 메니스커스 관(240)으로부터 설계된 깊이(h) 또는 크기의 홈을 갖도록 형성되는 것이 가능하다.

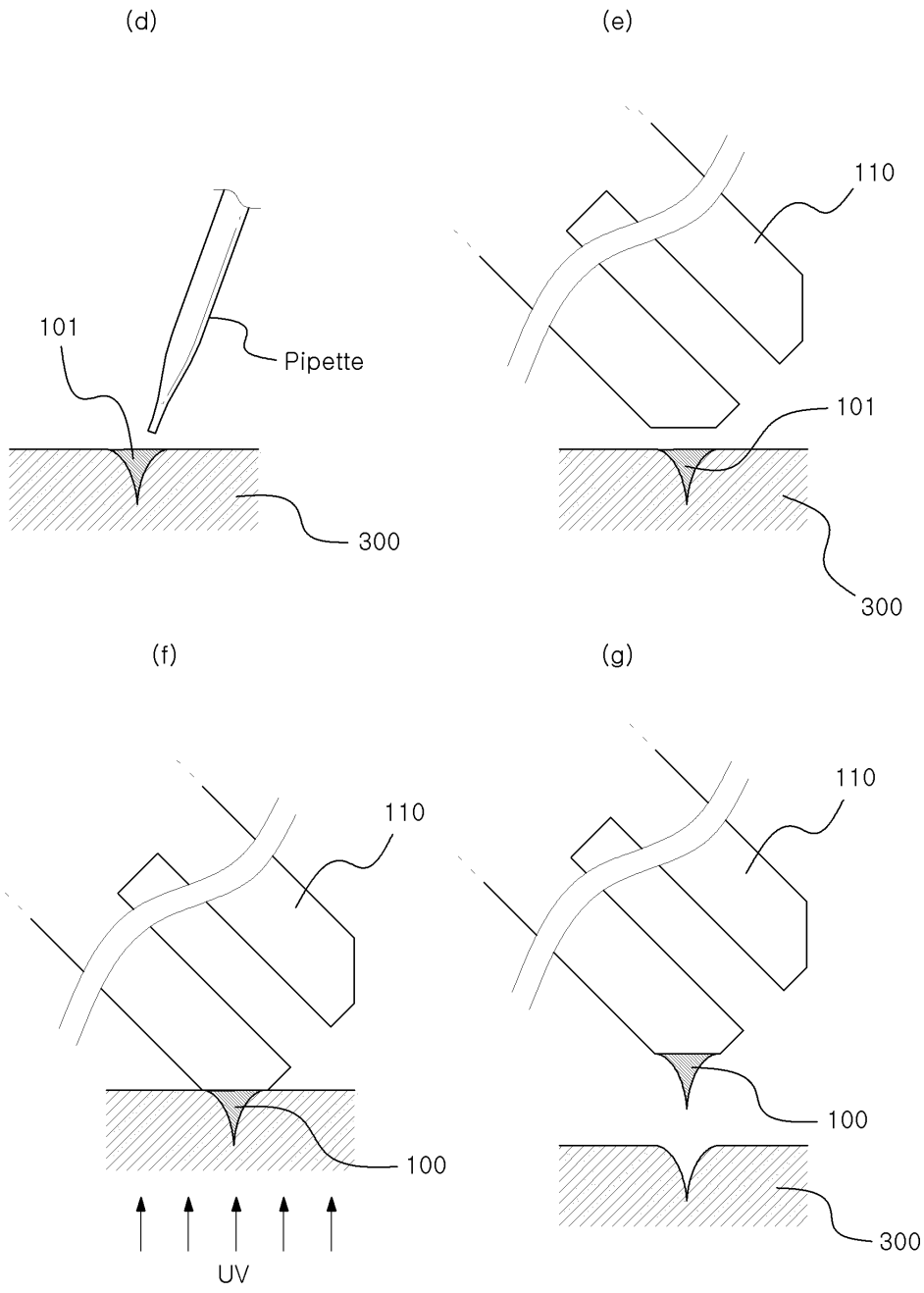
[0060] 도 7의 (b)를 보면, 메니스커스 관(240)의 저면은 경화된 h-PDMS와의 분리를 용이하게 하기 위해 실란(silane) 표면 처리를 할 수 있으며, 열 경화를 통해서 폴리머 몰드(300)가 형성될 수 있다.

[0061] 폴리머 몰드(300)는 상면으로부터 돌출된 메니스커스 돌기(310) 및 메니스커스 돌기(310)의 중앙에서 하방으로 형성된 음각 뿔 모양의 홈(320)을 포함할 수 있다.

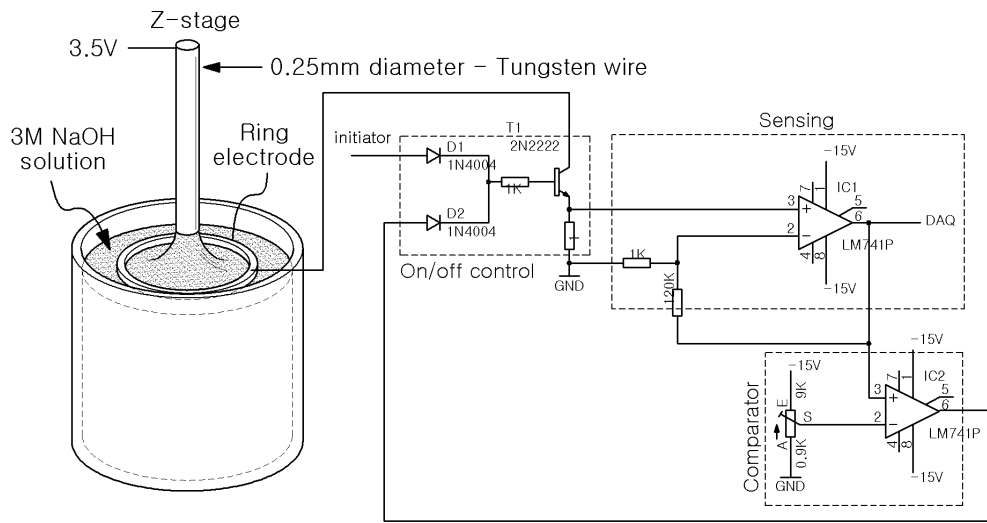
도면2



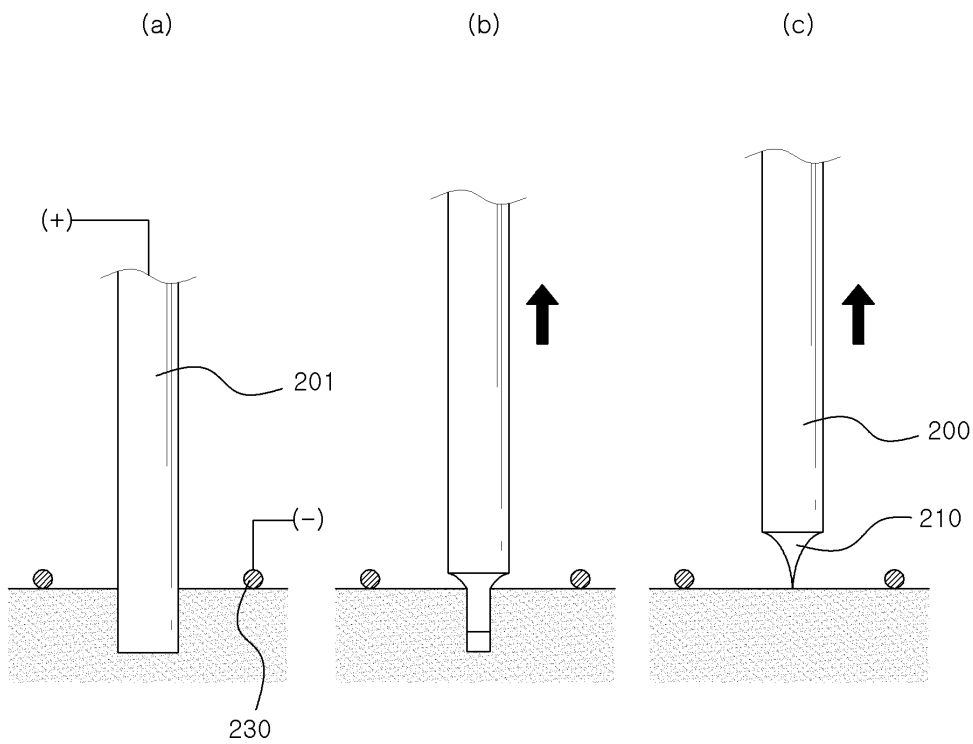
도면3



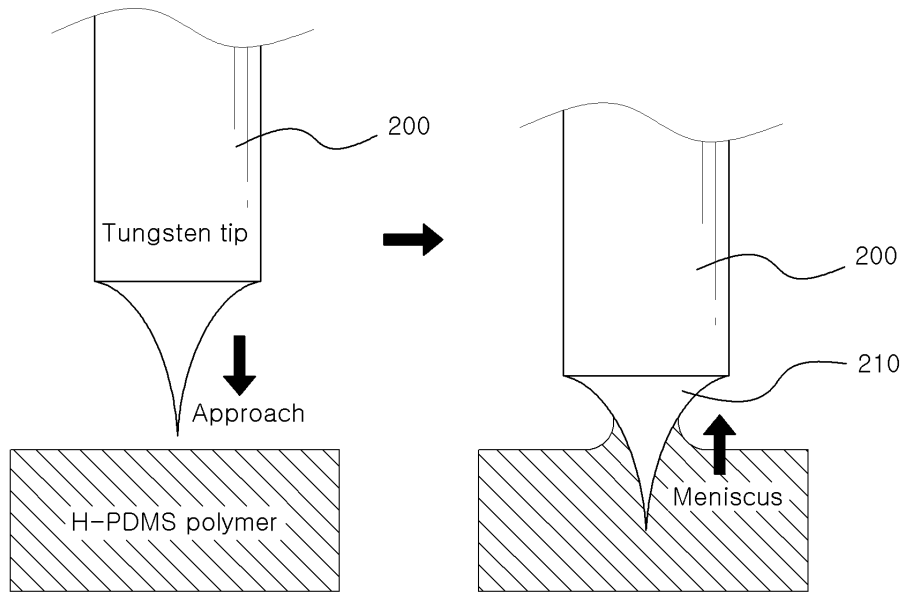
도면4



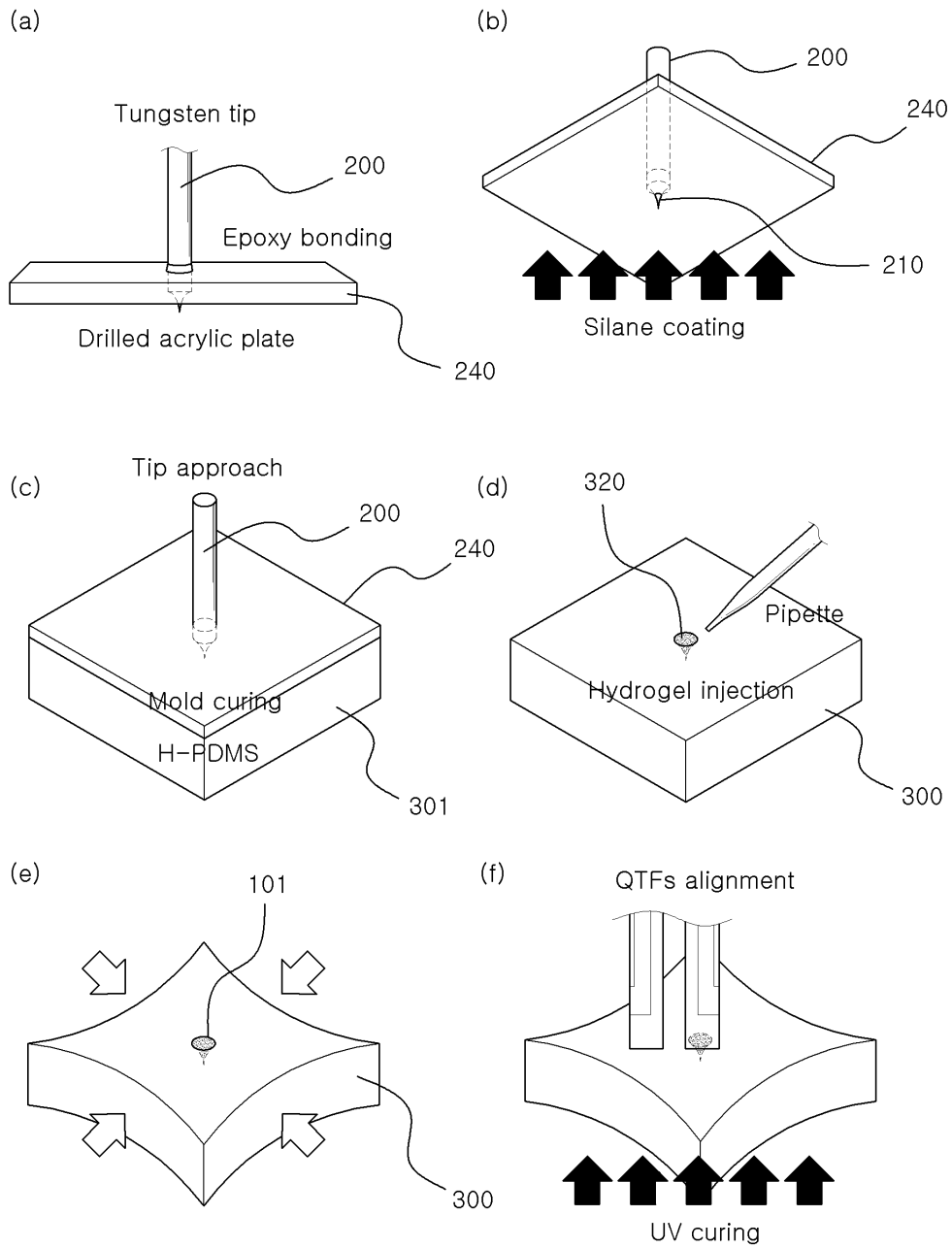
도면5



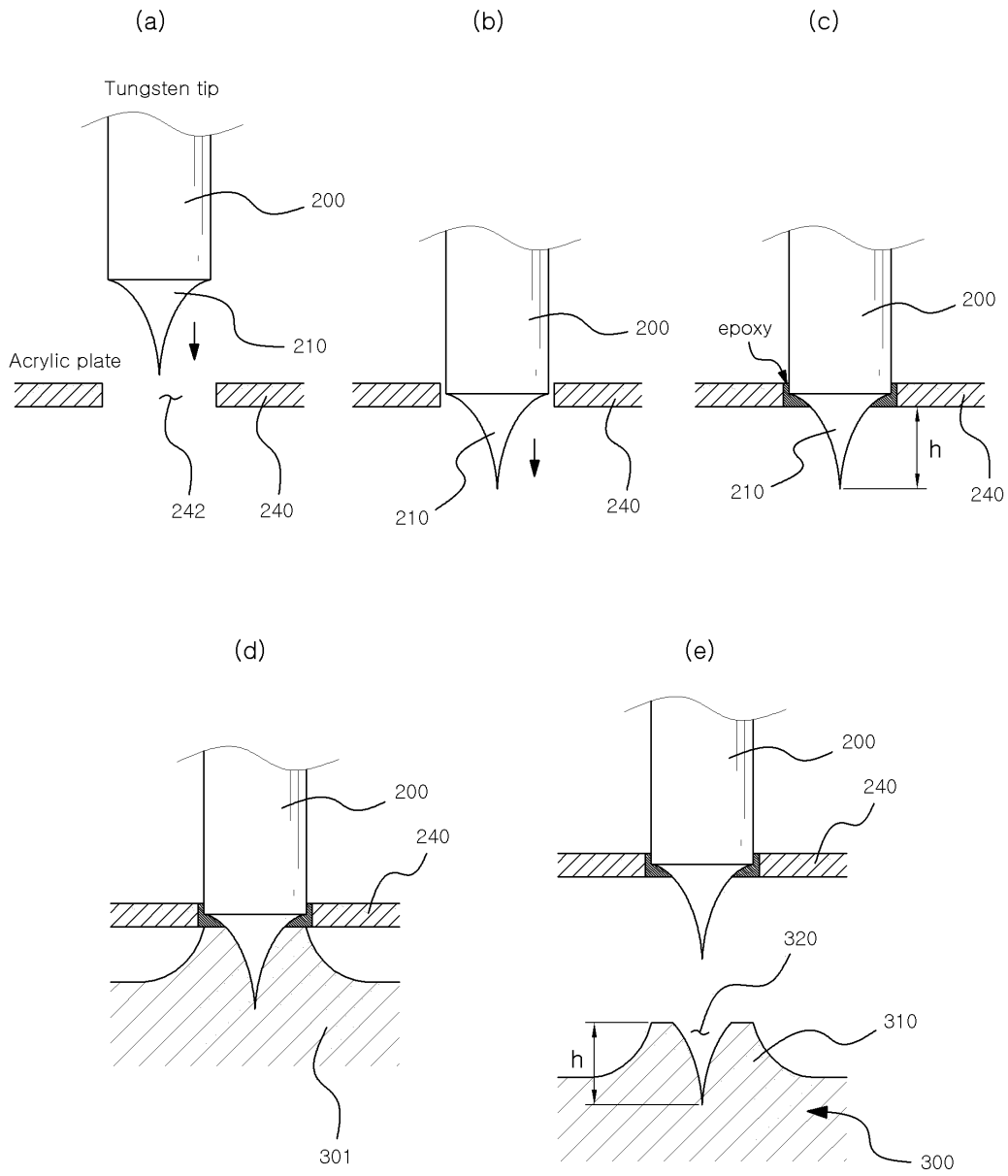
도면6



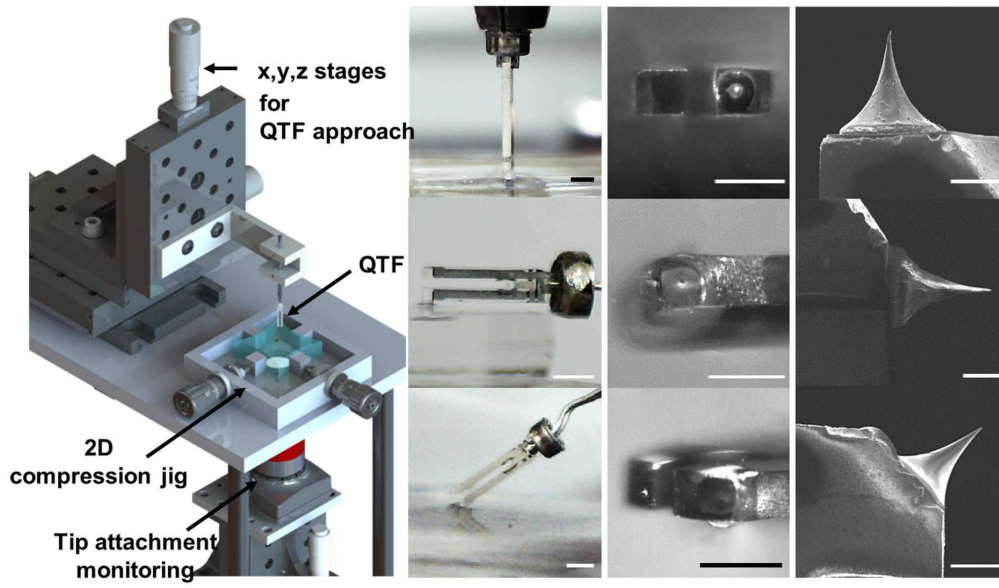
도면7



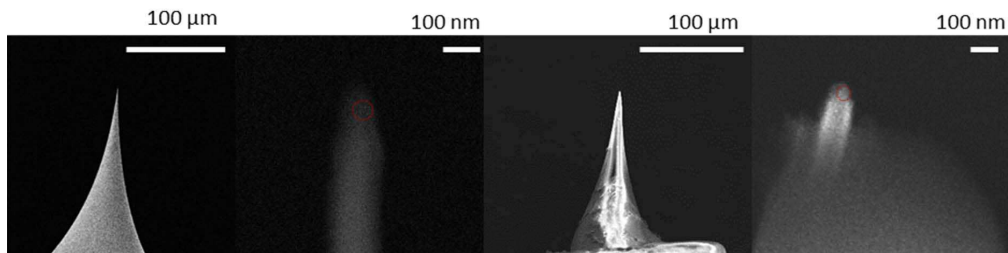
도면8



도면9



도면10



도면11

