



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2019년11월15일
(11) 등록번호 10-2045473
(24) 등록일자 2019년11월11일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01L 1/22 (2006.01) G01B 7/16 (2006.01)
(52) CPC특허분류
G01L 1/2287 (2013.01)
G01B 7/16 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2018-0063762
(22) 출원일자 2018년06월01일
심사청구일자 2018년06월01일
(56) 선행기술조사문헌
KR1020050093796 A*
US20070051942 A1*
JP05332853 A
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
울산과학기술원
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
한국과학기술연구원
서울특별시 성북구 화랑로14길 5 (하월곡동)
(72) 발명자
백정민
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
최원준
서울특별시 성북구 화랑로14길 5(하월곡동)
이혜진
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
(74) 대리인
리앤목특허법인

전체 청구항 수 : 총 9 항

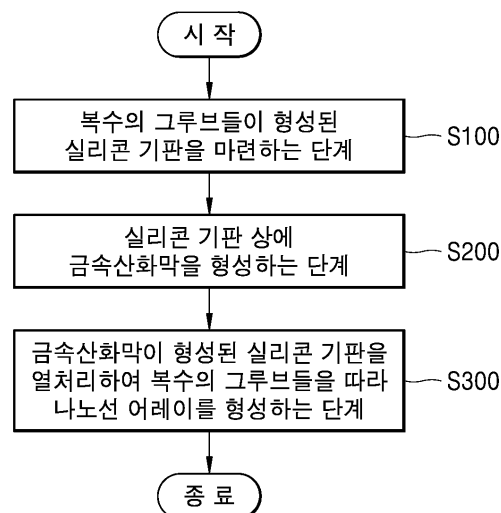
심사관 : 한상호

(54) 발명의 명칭 나노선 어레이 제조방법 및 이를 포함하는 변형센서 제조방법

(57) 요약

본 발명의 일 실시예에 따른 제1 방향으로 이격 배열되는 복수의 그루브(groove)들이 형성된 실리콘 기판을 마련하는 단계, 상기 실리콘 기판 상에 금속산화막을 형성하는 단계 및 상기 금속산화막의 녹는점을 기준으로 사전에 설정된 온도 범위에서 상기 금속산화막을 열처리하여, 상기 복수의 그루브(groove)들을 따라 응집된 나노선 어레이를 형성하는 단계를 포함하고, 상기 그루브는 상기 제1 방향에 수직한 제2 방향으로 길이가 연장되며, 서로 대향되는 제1 경사면 및 제2 경사면을 포함하는, 나노선 어레이 제조방법을 제공한다.

대표도 - 도1



명세서

청구범위

청구항 1

제1 방향으로 이격 배열되는 복수의 그루브(groove)들이 형성된 실리콘 기판을 마련하는 단계;
 상기 실리콘 기판 상에 금속산화막을 형성하는 단계; 및
 상기 금속산화막의 녹는점을 기준으로 사전에 설정된 온도 범위에서 상기 금속산화막을 열처리하여, 상기 복수의 그루브(groove)들을 따라 응집된 나노선 어레이를 형성하는 단계;를 포함하고,
 상기 그루브는 상기 제1 방향에 수직한 제2 방향으로 길이가 연장되며, 서로 대향되는 제1 경사면 및 제2 경사면을 포함하고,
 상기 금속산화막은 바나듐 옥사이드(V2O5)를 포함하는, 나노선 어레이 제조방법.

청구항 2

제1 항에 있어서,
 상기 그루브는 상기 제1 경사면과 상기 제2 경사면을 연결하는 저면을 포함하며, 상기 저면은 상기 실리콘 기판의 바닥면으로부터 일정한 높이를 갖는, 나노선 어레이 제조방법.

청구항 3

제1 항에 있어서,
 상기 제1 경사면과 상기 제2 경사면의 사이각은 70° 내지 100° 범위를 갖는, 나노선 어레이 제조방법.

청구항 4

삭제

청구항 5

제1 항에 있어서,
 상기 금속산화막을 형성하는 단계는 스퍼터링(sputtering)을 이용하여 상기 바나듐 옥사이드를 20 nm 내지 60 nm의 두께로 증착하는 것에 의해, 상기 금속산화막을 형성하는, 나노선 어레이 제조방법.

청구항 6

제1 방향으로 이격 배열되는 복수의 그루브(groove)들이 형성된 실리콘 기판을 마련하는 단계;
 상기 실리콘 기판 상에 금속산화막을 형성하는 단계;
 상기 금속산화막의 녹는점을 기준으로 사전에 설정된 온도 범위에서 상기 금속산화막을 열처리하여, 상기 복수의 그루브(groove)들을 따라 응집된 나노선 어레이를 형성하는 단계;
 상기 실리콘 기판 및 상기 나노선 어레이를 덮도록 액상의 폴리머 용액을 부어 고착시킨 후 경화시켜 상기 나노선 어레이가 전사된 폴리머 기판을 형성하는 단계;
 상기 폴리머 기판을 상기 실리콘 기판으로부터 분리하는 단계; 및
 상기 폴리머 기판에 전사된 상기 나노선 어레이를 전기적으로 연결하는 전극을 형성하여 변형 센서(flexible strain sensor)를 제조하는 단계;를 포함하는, 변형센서 제조방법.

청구항 7

제6 항에 있어서,

상기 그루브는 상기 제1 방향에 수직한 제2 방향으로 길이가 연장되며, 서로 대향되는 제1 경사면 및 제2 경사면을 포함하는, 변형센서 제조방법.

청구항 8

제7 항에 있어서,

상기 제1 경사면과 상기 제2 경사면의 사이각은 70° 내지 100° 범위를 갖는, 변형센서 제조방법.

청구항 9

제6 항에 있어서,

상기 금속산화막은 바나듐 옥사이드(V_2O_5)를 포함하는, 변형센서 제조방법.

청구항 10

제9 항에 있어서,

상기 금속산화막을 형성하는 단계는 스퍼터링(sputtering)을 이용하여 상기 바나듐 옥사이드를 20 nm 내지 60 nm의 두께로 증착하는 것에 의해, 상기 금속산화막을 형성하는, 변형센서 제조방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명의 실시예는 나노선 어레이 제조방법 및 이를 포함하는 변형센서 제조방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0003] 변형 센서(strain sensor)는 센서에 가해지는 인장, 굽힘 또는 뒤틀림 등의 물리적 변화를 감지하는 센서를 말하며, 이러한 물리적 변화를 감지하는 특성을 이용하는 다양한 산업적 응용이 가능하다. 손가락 및 발가락의 움직임 변화를 감지하는 모션 센서로부터, 운동시 신체 관절 및 근육의 이완과 수축 정도, 운동량 등을 체크할 수 있는 스마트 운동복 등으로 활용할 수 있다. 인간 움직임 감지뿐만 아니라, 민감도 및 규격 조절을 통해 대면적 스트레인 센서 어레이 제작부터 기기 설비의 미세 균열 감지기 등 다양한 분야에서 활용 가능하다.

선행기술문헌

특허문헌

[0005] (특허문헌 0001) 특허공개공보 제10-2015-002927호 (공고일 2015.01.08)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 본 발명의 일 목적은 실리콘 기판에 형성된 그루브를 이용하여 나노선 어레이를 제조하고, 이를 이용해 센싱 감도가 향상된 변형센서를 제조하는 방법을 제공하는 것이다. 그러나, 이러한 과제는 예시적인 것으로, 이에 의해 본 발명의 범위가 한정되는 것은 아니다.

과제의 해결 수단

[0008] 본 발명의 일 실시예에 따른 제1 방향으로 이격 배열되는 복수의 그루브(groove)들이 형성된 실리콘 기판을 마련하는 단계, 상기 실리콘 기판 상에 금속산화막을 형성하는 단계 및 상기 금속산화막의 녹는점을 기준으로 사전에 설정된 온도 범위에서 상기 금속산화막을 열처리하여, 상기 복수의 그루브(groove)들을 따라 응집된 나노선 어레이를 형성하는 단계를 포함하고, 상기 그루브는 상기 제1 방향에 수직한 제2 방향으로 길이가 연장되며, 서로 대향되는 제1 경사면 및 제2 경사면을 포함하는, 나노선 어레이 제조방법을 제공한다.

- [0009] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 그루브는 상기 제1 경사면과 상기 제2 경사면을 연결하는 저면을 포함하며, 상기 저면은 상기 실리콘 기판의 바닥면으로부터 일정한 높이를 가질 수 있다.
- [0010] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 제1 경사면과 상기 제2 경사면의 사이각은 70° 내지 100° 범위를 가질 수 있다.
- [0011] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 금속산화막은 바나듐 옥사이드(V2O5)를 포함할 수 있다.
- [0012] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 금속산화막을 형성하는 단계는 스퍼터링(sputtering)을 이용하여 상기 바나듐 옥사이드를 20 nm 내지 60 nm의 두께로 증착하는 것에 의해, 상기 금속산화막을 형성할 수 있다.
- [0013] 본 발명의 일 실시예는, 제1 방향으로 이격 배열되는 복수의 그루브(groove)들이 형성된 실리콘 기판을 마련하는 단계, 상기 실리콘 기판 상에 금속산화막을 형성하는 단계, 상기 금속산화막의 녹는점을 기준으로 사전에 설정된 온도 범위에서 상기 금속산화막을 열처리하여, 상기 복수의 그루브(groove)들을 따라 응집된 나노선 어레이를 형성하는 단계, 상기 실리콘 기판 및 상기 나노선 어레이를 덮도록 액상의 폴리머 용액을 부어 고착시킨 후 경화시켜 상기 나노선 어레이가 전사된 폴리머 기판을 형성하는 단계, 상기 폴리머 기판을 상기 실리콘 기판으로부터 분리하는 단계 및 상기 폴리머 기판에 전사된 상기 나노선 어레이를 전기적으로 연결하는 전극을 형성하여 변형 센서(flexible strain sensor)를 제조하는 단계를 포함하는, 변형센서 제조방법을 제공한다.
- [0014] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 그루브는 상기 제1 방향에 수직한 제2 방향으로 길이가 연장되며, 서로 대향되는 제1 경사면 및 제2 경사면을 포함할 수 있다.
- [0015] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 제1 경사면과 상기 제2 경사면의 사이각은 70° 내지 100° 범위를 가질 수 있다.
- [0016] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 금속산화막은 바나듐 옥사이드(V2O5)를 포함할 수 있다.
- [0017] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 금속산화막을 형성하는 단계는 스퍼터링(sputtering)을 이용하여 상기 바나듐 옥사이드를 20 nm 내지 60 nm의 두께로 증착하는 것에 의해, 상기 금속산화막을 형성할 수 있다.
- [0018] 전술한 것 외의 다른 측면, 특징, 이점이 이하의 도면, 특허청구범위 및 발명의 상세한 설명으로부터 명확해질 것이다.

발명의 효과

- [0019] 본 발명의 실시예들에 따른 나노선 어레이 제조방법은 실리콘 기판에 형성된 복수의 그루브들을 통해 일정한 방향으로 이격배열되는 나노선 어레이를 용이하게 제조할 수 있다. 또한, 상기한 나노선 어레이 제조방법을 포함하는 변형센서 제조방법은 하나의 나노선으로 이루어진 변형센서에 비해 감도가 향상된 변형센서를 제조할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0021] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 나노선 어레이 제조방법을 순차적으로 도시한 순서도이다.
- 도 2는 도 1의 나노선 어레이 제조방법을 설명하기 위하여 개략적으로 도시한 개념도이다.
- 도 3은 도 1의 나노선 어레이 제조방법의 다른 실시형태를 설명하기 위한 개념도이다.
- 도 4는 실리콘 기판의 그루브 사이각도에 따른 나노선의 성장 정도를 촬영한 SEM 이미지이다.
- 도 5는 본 발명의 비교 실시예에 따른 나노선의 성장 형태를 촬영한 SEM이미지이다.
- 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 나노선 어레이의 성장 형태를 촬영한 SEM이미지이다.
- 도 7 및 도 8은 그루브의 형상에 따른 나노선의 단면 형상을 설명하기 위한 도면이다.
- 도 9는 본 발명의 일 실시예에 따른 나노선 어레이 제조방법에 따라 제조된 나노선의 균일도를 설명하기 위한 도면이다.
- 도 10은 본 발명의 일 실시예에 따른 변형센서 제조방법을 설명하기 위한 개념도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0022] 본 발명은 다양한 변환을 가할 수 있고 여러 가지 실시예를 가질 수 있는바, 특정 실시예들을 도면에 예시하고 상세한 설명에 설명하고자 한다. 본 발명의 효과 및 특징, 그리고 그것들을 달성하는 방법은 도면과 함께 상세하게 후술되어 있는 실시예들을 참조하면 명확해질 것이다. 그러나 본 발명은 이하에서 개시되는 실시예들에 한정되는 것이 아니라 다양한 형태로 구현될 수 있다.
- [0023] 이하의 실시예에서, 제1, 제2 등의 용어는 한정적인 의미가 아니라 하나의 구성 요소를 다른 구성 요소와 구별하는 목적으로 사용된다.
- [0024] 이하의 실시예에서, 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다.
- [0025] 이하의 실시예에서, 포함하다 또는 가지다 등의 용어는 명세서상에 기재된 특징, 또는 구성요소가 존재함을 의미하는 것이고, 하나 이상의 다른 특징들 또는 구성요소가 부가될 가능성을 미리 배제하는 것은 아니다.
- [0026] 이하의 실시예에서, 막, 영역, 구성 요소 등의 부분이 다른 부분 '위'에 또는 '상'에 있다고 할 때, 다른 부분의 바로 위에 있는 경우뿐만 아니라, 그 중간에 다른 막, 영역, 구성 요소 등이 개재되어 있는 경우도 포함한다.
- [0027] 어떤 실시예가 달리 구현 가능한 경우에 특정한 단계는 설명되는 순서와 다르게 수행될 수도 있다. 예를 들어, 연속하여 설명되는 두 단계는 실질적으로 동시에 수행될 수도 있고, 설명되는 순서와 반대의 순서로 수행될 수도 있다.
- [0028] 도면에서는 설명의 편의를 위하여 구성 요소들이 그 크기가 과장 또는 축소될 수 있다. 예컨대, 도면에서 나타난 각 구성의 크기 및 두께는 설명의 편의를 위해 임의로 나타내었으므로, 본 발명이 반드시 도식된 바에 한정되지 않는다.
- [0030] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 나노선 어레이 제조방법을 순차적으로 도시한 순서도이고, 도 2는 도 1의 나노선 어레이 제조방법을 설명하기 위하여 개략적으로 도시한 개념도이며, 도 3은 도 1의 나노선 어레이 제조방법의 다른 실시형태를 설명하기 위한 개념도이다.
- [0031] 도 1 및 도 2의 (a)를 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 나노선 어레이 제조방법은 먼저, 제1 방향(도 1에서 x방향)으로 이격 배열되는 복수의 그루브(groove, 110)들이 형성된 실리콘 기판(100)을 마련할 수 있다(S100). 여기서, 그루브(110)는 제1 방향(x방향)에 수직한 제2 방향(y방향)으로 길이가 연장되는 홈일 수 있다. 복수의 그루브(110)들은 실리콘 기판(100)의 상면을 식각(etching)하는 것에 의해 형성될 수 있다. 복수의 그루브(110)들은 제1 방향(x방향)으로 일정한 간격으로 이격되어 배열될 수 있으나, 본 발명은 이에 제한되지 않으며, 필요에 따라 불규칙적인 간격으로 이격되어 배열될 수 있음은 물론이다.
- [0032] 일 실시예로서, 그루브(110)는 서로 대향되는 제1 경사면(111) 및 제2 경사면(113)을 포함하는 V 형상의 홈일 수 있다. 제1 경사면(111) 및 제2 경사면(113)은 그루브(110)의 중심에서 서로 연결되며, 중심에서의 제1 높이부터 제1 높이보다 높은 제2 높이로 변화하는 경사면일 수 있다. 한편, 제1 경사면(111)과 제2 경사면(113)의 사이각은 70° 내지 100° 범위를 가질 수 있다.
- [0033] 도 4는 실리콘 기판(100)의 그루브(110) 사이각도에 따른 나노선의 성장 정도를 촬영한 SEM 이미지이다. 여기서, 도 4의 (a)는 제1 경사면과 제2 경사면의 사이각(θ)이 70° 인 경우의 SEM이미지이고, 도 4의 (b)는 제1 경사면과 제2 경사면의 사이각(θ)이 100° 인 경우의 SEM이미지이며, 도 4의 (c)는 제1 경사면과 제2 경사면의 사이각(θ)이 120° 인 경우의 SEM이미지이다.
- [0034] 도 4를 참조하면, 그루브(110)의 제1 경사면(111)과 제2 경사면(113)의 사이각(θ)이 70° 내지 100° 범위인 경우 나노선이 가장 잘 성장함을 확인할 수 있다. 본 명세서에서, 나노선이 잘 성장한다는 것은, 나노선이 원하는 형상으로 형성되되, 길이 방향을 따라 균일하게 형성하는 것을 의미할 수 있다. 예를 들면, 나노선의 단면이 마름모 또는 직사각형 모양으로 형성되며, 길이 방향에 대한 단면적이 균일하게 형성되는 것이 잘 성장한 것을 의미할 수 있다.
- [0035] 만약, 그루브(110)의 제1 경사면(111)과 제2 경사면(113)의 사이각(θ)이 100° 를 초과하는 경우, 경사각이 완만하기 때문에 열처리 과정에서 금속산화막이 용해되어 응집된 입자들이 경사면을 따라 이동하는 것이 어려워진다. 또한 그루브(110)의 제1 경사면(111)과 제2 경사면(113)의 사이각(θ)이 70° 미만인 경우, 경사각이 급하기 때문에 입자들의 이동속도가 그루브(110)의 중심에서 응집되는 속도보다 빨라져 원하는 형상의 나노선을 형성하는 것이 어렵다는 문제점이 있다(도 4의 (c)참조). 따라서, 본 발명의 일 실시예에 따른 나노선은 그루브(110)

의 제1 경사면(111)과 제2 경사면(113)의 사이각(θ)이 70° 내지 100° 범위인 경우 가장 잘 성장할 수 있다.

- [0036] 다시 도 1 및 도 2의 (b)를 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 나노선 어레이 제조방법은 이후 실리콘 기판(100) 상에 금속산화막(200)을 형성한다(S200). 금속산화막(200)은 스퍼터링(sputtering)을 이용하여 실리콘 기판(100)의 복수의 그루브(110)들 상에 증착될 수 있다. 일 실시예로서, 금속산화막(200)은 바나듐 옥사이드(V_2O_5)를 포함할 수 있다. 금속산화막(200)은 스퍼터링을 이용하여 바나듐 옥사이드(V_2O_5)를 20nm 내지 60nm의 두께로 증착하는 것에 의해 형성될 수 있다. 금속산화막(200)이 바나듐 옥사이드(V_2O_5)를 포함하는 경우, 증착두께가 20nm 내지 60nm일 때 나노선이 가장 잘 성장할 수 있다. 만약, 증착 두께가 20nm보다 작은 경우, 나노선을 충분히 성장시킬 수 없고, 증착두께가 60nm보다 큰 경우, 나노선을 원하는 형상으로 성장시키기가 어려워지는 문제점이 있다.
- [0037] 이후, 도 1 및 도 2의 (c)를 참조하면, 나노선 어레이 제조방법은 금속산화막(200)이 증착된 실리콘 기판(100)을 열처리로(furnace)에 넣어 열처리공정을 수행한다(S300). 이때, 열처리 공정은 금속산화막(200)의 녹는점을 기준으로 사전에 설정된 온도 범위에서 수행될 수 있다. 상기한 바와 같이 금속산화막(200)이 바나듐 옥사이드(V_2O_5)를 포함하는 경우, 바나듐 옥사이드(V_2O_5)의 녹는점인 690°C 을 기준으로 사전에 설정된 온도범위에서 열처리공정을 수행할 수 있다. 예를 들면, 열처리공정은 바나듐 옥사이드의 녹는점 $\pm 10\%$ 의 온도범위인 약 620°C 내지 약 760°C 의 범위에서 수행될 수 있다.
- [0038] 또한, 열처리공정은 불활성 가스, 예를 들면 헬륨(He) 분위기 하에서 30분 내지 2시간 30분 동안 진행될 수 있다. 30분보다 적은 시간에서 열처리공정을 수행하는 경우, 나노선의 성장이 어려우며, 2시간 30분보다 긴 열처리공정은 제조효율을 떨어뜨릴 수 있다.
- [0039] 금속산화막(200)은 상기한 온도범위에서의 열처리 공정을 통해 용해 및 증발을 반복하면서 복수의 그루브(110)들을 따라 응집되어 나노선 어레이(300)를 형성할 수 있다.
- [0040] 이하에서는 좀 더 구체적으로, 도 3을 참조하여 본 발명의 일 실시예에 따른 나노선 어레이 제조방법을 설명하고자 한다.
- [0041] 도 3의 (a)를 참조하면, 실리콘 기판(100)은 상면에 제1 방향(x방향)을 따라 이격되어 배열되는 복수의 그루브(110)들이 형성될 수 있다. 이때, 도 2에서와 같이, 그루브(110)는 제1 경사면(111)과 제2 경사면(113)을 포함하는 V형상의 긴 홈으로 이루어질 수 있으며, 그루브(110)들은 인접한 그루브(110)들과 바로 연결되어 반복적으로 형성될 수 있다. 한편, 다른 실시예로서 도 3에서와 같이, 복수의 그루브(110)들은 이격되는 간격을 조절하는 사이면(120)을 개재하여 배열될 수도 있다. 사이면(120)의 제1 방향(x방향)에 대한 너비는 복수의 그루브(110)들 간격에 대응될 수 있다. 사이면(120)은 일정한 제2 높이를 갖는 평면으로 이루어질 수 있다.
- [0042] 도 3의 (b)를 참조하면, 금속산화막(200)은 복수의 그루브(110)들을 덮도록 실리콘 기판(100)의 상면에 증착될 수 있다. 금속산화막(200)은 스퍼터링을 이용하여 바나듐 옥사이드(V_2O_5)를 20nm 내지 60nm의 두께로 증착하는 것에 의해 형성될 수 있다.
- [0043] 이후, 도 3의 (c) 및 (d)를 참조하면, 금속산화막(200)이 증착된 실리콘 기판(100)은 열처리로(furnace)를 이용하여 사전에 설정된 온도범위에서 열처리될 수 있다. 금속산화막(200)은 금속산화막(200) 물질의 녹는점을 기준으로 열처리되는 동안 용해와 증발이 반복되면서 응집되어 다수의 입자(200')로 변환될 수 있다.
- [0044] 이때, 입자(200')들의 크기가 다양한 경우, 크기가 상대적으로 작은 입자(200')는 상대적으로 큰 입자(200')에 편입되어, 큰 입자들은 점점 더 커지고, 작은 입자들은 소멸해버리게 된다. 이러한 현상을 오스트발트 라이프닝(Ostwald ripening) 현상이라고 하는데, 이를 통해 금속산화막(200)이 변환된 입자(200')들은 응집되면서 사이즈가 커질 수 있다(200' $\rightarrow$ 200''). 특히, 그루브(110)의 제1 경사면(111) 또는 제2 경사면(113)은 표면 에너지(surface energy)가 다른 부분에 비해 작기 때문에, 금속산화막(200)이 변환된 입자(200')들은 그루브(110)의 중심으로 이동하게 된다. 또한, 입자(200')들에는 중력도 작용하므로, 그루브(110)의 중심으로 입자(200')들이 모여면서 나노선(300)이 그루브(110)를 따라 형성될 수 있다.
- [0045] 도 3의 (e)를 참조하면, 나노선(300)은 복수의 그루브(110)들을 따라 형성되는 제1 나노선(310)과 그루브(110)들 사이의 사이면(120)을 따라 형성되는 제2 나노선(320)을 포함할 수 있다. 제1 나노선(310)은 주 나노선으로서 그루브(110)의 중심을 따라 균일하게 형성될 수 있다. 제2 나노선(320)은 보조 나노선으로서 주 나노선에 비해 다소 불균일할 수 있으나, 일정한 제2 높이를 갖는 사이면(120)을 따라 형성되므로, 제2 나노선(320)들도 제

1 방향(x방향)을 따라 이격되어 배열되며, 제1 나노선(310)과 함께 활용될 수 있다.

- [0046] 상기한 바와 같이, 본 발명의 일 실시예에 따른 나노선 어레이 제조방법은 실리콘 기판에 형성된 복수의 그루브들을 통해 일정한 방향으로 이격배열되는 나노선 어레이를 용이하게 제조할 수 있다.
- [0047] 도 5는 본 발명의 비교 실시예에 따른 나노선의 성장 형태를 촬영한 SEM이미지이고, 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 나노선 어레이의 성장 형태를 촬영한 SEM이미지이다.
- [0048] 도 5의 (a) 및 (b)를 참조하면, 종래의 나노선 제조방법에 의해 제조된 나노선은 기판 상에 랜덤(random)한 방향으로 성장하며, 길이 또한 불규칙적으로 형성됨을 확인할 수 있다. 이에 비해, 도 6을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 나노선 어레이 제조방법에 의해 제조된 나노선(300)은 복수의 그루브들을 따라 일정한 방향으로 이격 배열되어 성장되어 있음을 확인할 수 있다.
- [0049] 도 7 및 도 8은 그루브(110)의 형상에 따른 나노선의 단면 형상을 설명하기 위한 도면이다.
- [0050] 도 7의 (a)를 참조하면, 일 실시형태의 그루브(110)는 제1 경사면(111) 및 제2 경사면(113)이 그루브(110)의 중심에서 연결되어 V 형상의 홈으로 이루어질 수 있다. 이때, 그루브(110)의 중심을 따라 형성된 나노선(300)은 마름모 형태의 단면을 가질 수 있다. 도 7의 (b) 및 (c)를 참조하면, SEM이미지를 통해 V 형상의 그루브 상에 마름모 형태의 단면을 갖는 나노선이 형성되어 있음을 확인할 수 있다.
- [0051] 다른 실시형태로서, 도 8의 (a)를 참조하면, 그루브(110)는 제1 경사면(111)과 제2 경사면(113)을 연결하는 저면(115)을 더 포함하며, 이때, 저면(115)은 실리콘 기판(100)의 바닥면으로부터 일정한 제1 높이를 가질 수 있다. 이러한 저면(115)을 포함하는 그루브(110) 상에 형성된 나노선(300)은 직사각형 형태의 단면을 가질 수 있다. 도 8의 (b) 및 (c)를 참조하면, SEM이미지를 통해 저면(115)을 갖는 그루브 상에 직사각형 형태의 단면을 갖는 나노선이 형성되어 있음을 확인할 수 있다. 상기한 바와 같이, 본 발명의 실시예들에 따른 나노선 어레이 제조방법은 그루브(110)의 형상을 이용하여 제조하고자 하는 나노선의 형상을 제어할 수 있다.
- [0052] 도 9는 본 발명의 일 실시예에 따른 나노선 어레이 제조방법에 따라 제조된 나노선의 균일도를 설명하기 위한 도면이다.
- [0053] 도 9를 참조하면, 본 발명의 나노선 어레이 제조방법에 따라 제조된 나노선은 제2 방향(도 2의 y방향)으로 길이가 연장되는 긴 그루브 상에 형성되므로, 나노선의 길이 또한, 제2 방향(y방향)으로 긴 형태일 수 있다. 이러한 나노선의 길이방향에 대하여 서로 다른 지점인 a지점, b지점, c지점에서 전기적 특성(전류-전압 곡선)을 측정하였을 때, 도 9의 (a), (b) 및 (c)에 도시된 바와 같이, 거의 유사한 특성을 나타내고 있음을 확인할 수 있다. 다시 말해, 본 발명의 나노선 어레이 제조방법은 균일한 두께 및 단면 형상을 갖는 나노선을 형성할 수 있고, 이를 통해 일정한 전기적 특성을 갖는 고품질의 나노선 어레이를 제조할 수 있다.
- [0054] 이하, 도 10을 참조하여 본 발명의 나노선 어레이 제조방법에 의해 제조된 나노선 어레이를 이용하여 변형센서를 제조하는 방법을 설명하기로 한다.
- [0055] 도 10은 본 발명의 일 실시예에 따른 변형센서 제조방법을 설명하기 위한 개념도이다.
- [0056] 도 10의 (a)를 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 변형 센서 제조방법은 도 2의 나노선 어레이 제조방법에 의해 나노선 어레이(300)를 준비한다. 나노선 어레이(300)는 복수의 그루브들을 따라 형성되므로 일정한 방향으로 이격되어 배열될 수 있다.
- [0057] 도 10의 (b)를 참조하면, 이후, 변형센서 제조방법은 실리콘 기판(100) 및 나노선 어레이(300)를 덮도록 액상의 폴리머 용액을 부어 고착시킨 후 경화시킬 수 있다. 이때, 폴리머 용액은 폴리디메틸실록산(PDMS, polydimethylsiloxane), 폴리이미드(PI, polyimide), 패럴린(parylene) 및 SU-8 중 어느 하나의 물질을 포함할 수 있다. 상기한 물질을 포함하는 폴리머 용액은 경화되면, 투명하고 유연한(flexible) 폴리머 기판(400)으로 변환될 수 있다. 이때, 폴리머 용액이 경화되는 과정에서 실리콘 기판(100) 상에 놓여진 나노선 어레이(300)는 폴리머 기판(400)으로 전사될 수 있다.
- [0058] 따라서, 전사된 나노선 어레이(300)는 도 10의 (c)와 같이, 폴리머 기판(400)이 실리콘 기판(100)으로부터 분리될 때 폴리머 기판(400)에 부착된 상태에서 함께 분리될 수 있다. 이를 통해, 도 4의 (d)와 같이, 나노선 어레이(300)를 포함하는 폴리머 기판(400)이 제조될 수 있다.
- [0059] 이후, 도 4의 (e)를 참조하면, 폴리머 기판(400)에 전사된 나노선 어레이(300)를 전기적으로 연결하는 전극을 형성하여 변형 센서(flexible strain sensor)를 제조할 수 있다. 전극은 나노선 어레이(300)들의 일단부를 연결

하는 제1 전극(E1) 및 나노선 어레이(300)들의 타단부를 연결하는 제2 전극(E2)을 포함할 수 있다. 변형센서는 측정하고자 하는 대상체가 변형되는 경우 나노선 어레이(300)에서 발생하는 전기적 신호를 상기 제1 전극(E1) 및 제2 전극(E2)을 통해 외부로 전달할 수 있다. 상기한 바와 같이 본 발명의 일 실시예에 따른 변형센서 제조 방법에 의해 제조된 변형센서는 일방향으로 이격 배열되는 멀티 나노선을 통해 변형 정도를 감지할 수 있어, 하나의 나노선으로 감지하는 경우보다 향상된 감도(sensitivity)가 향상될 수 있다.

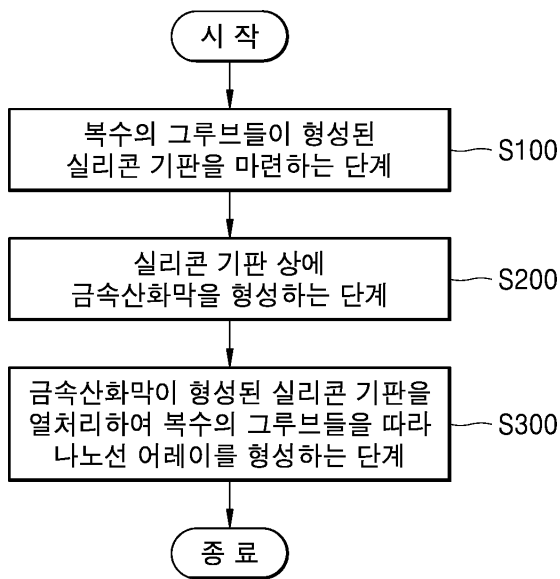
[0060] 본 발명은 도면에 도시된 실시예를 참고로 설명되었으나 이는 예시적인 것에 불과하며, 당해 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 다른 실시 예가 가능하다는 점을 이해할 것이다. 따라서, 본 발명의 진정한 기술적 보호 범위는 첨부된 특허청구범위의 기술적 사상에 의하여 정해져야 할 것이다.

부호의 설명

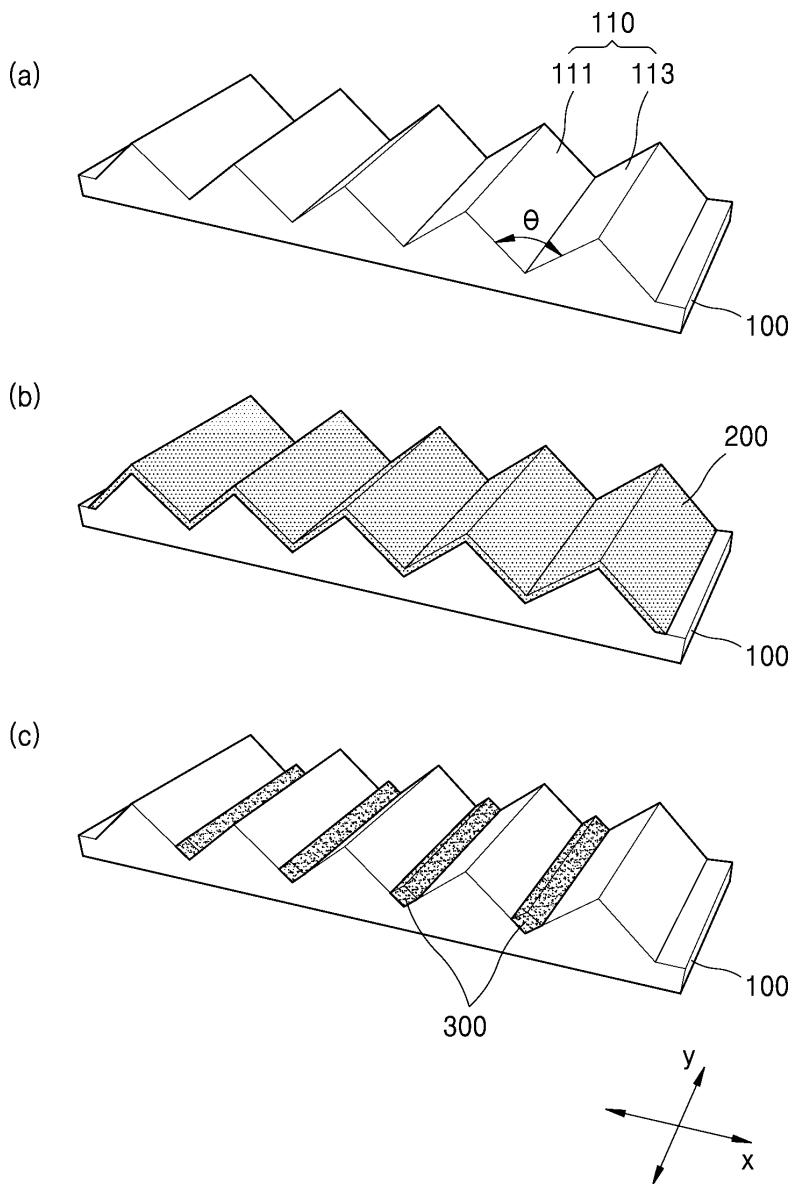
- [0062]
- 100: 실리콘 기판
 - 110: 그루브
 - 200: 금속산화막
 - 300: 나노선 어레이
 - 400: 폴리머기판

도면

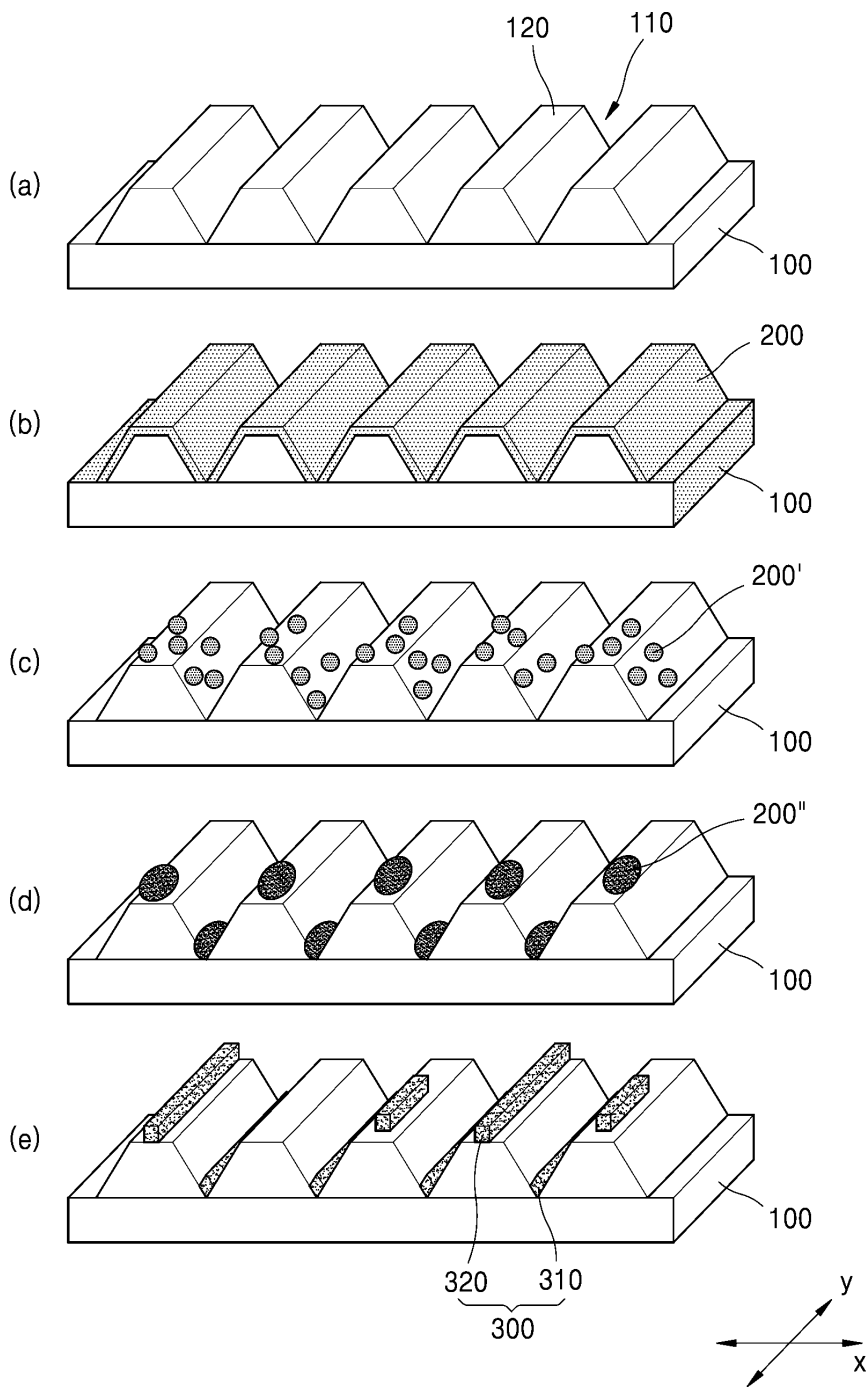
도면1



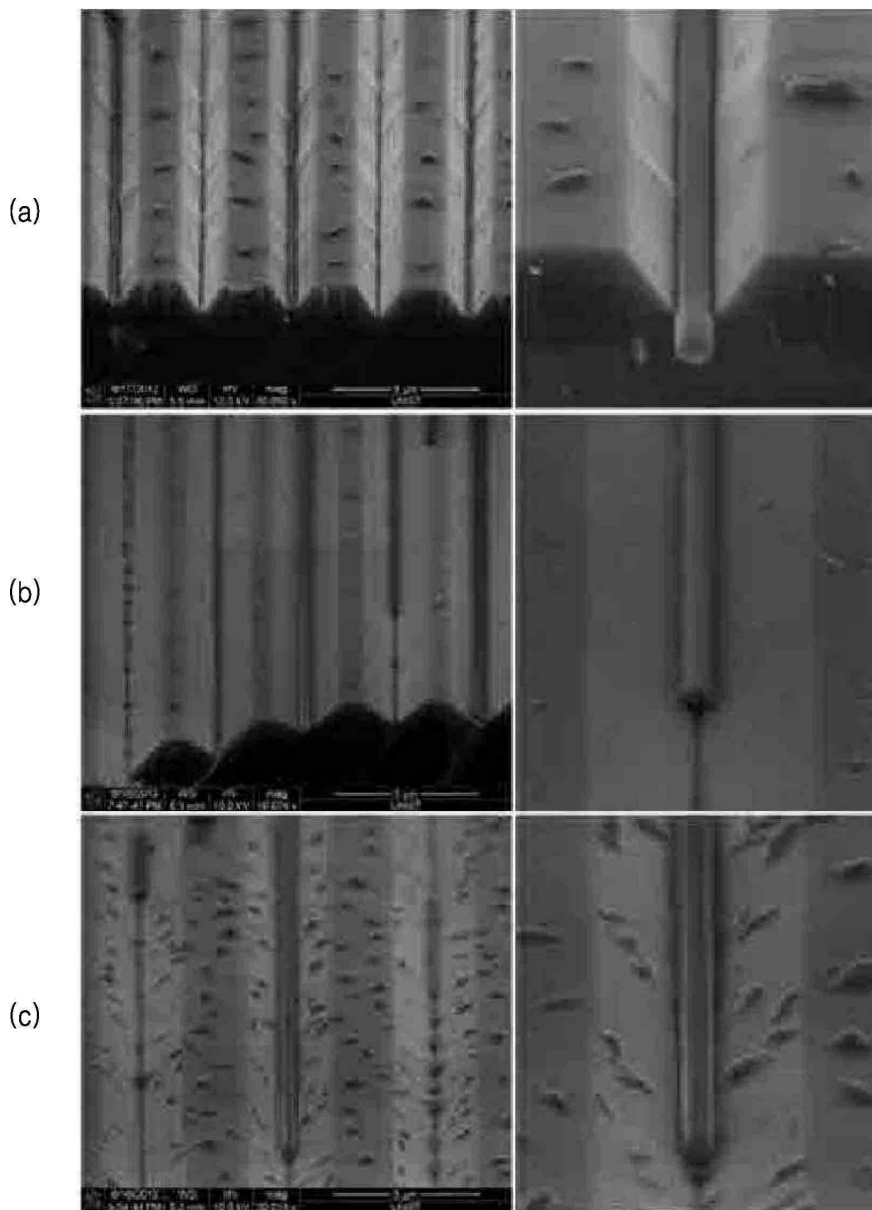
도면2



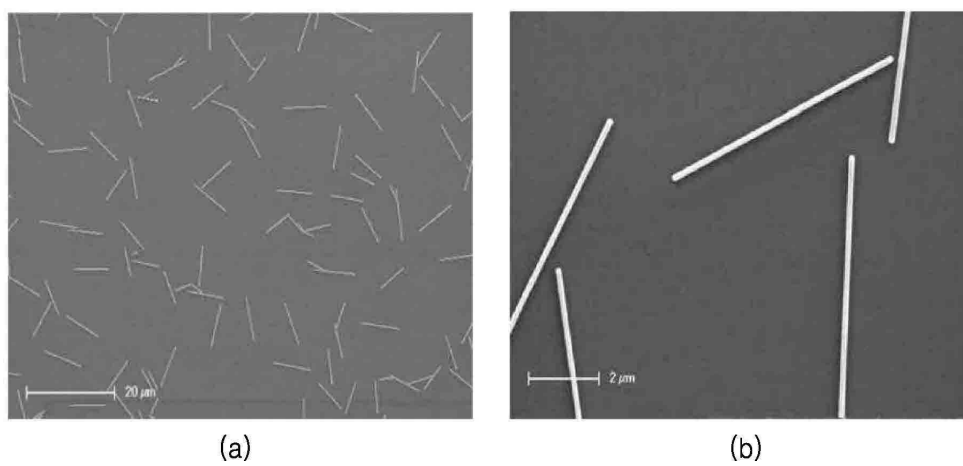
도면3



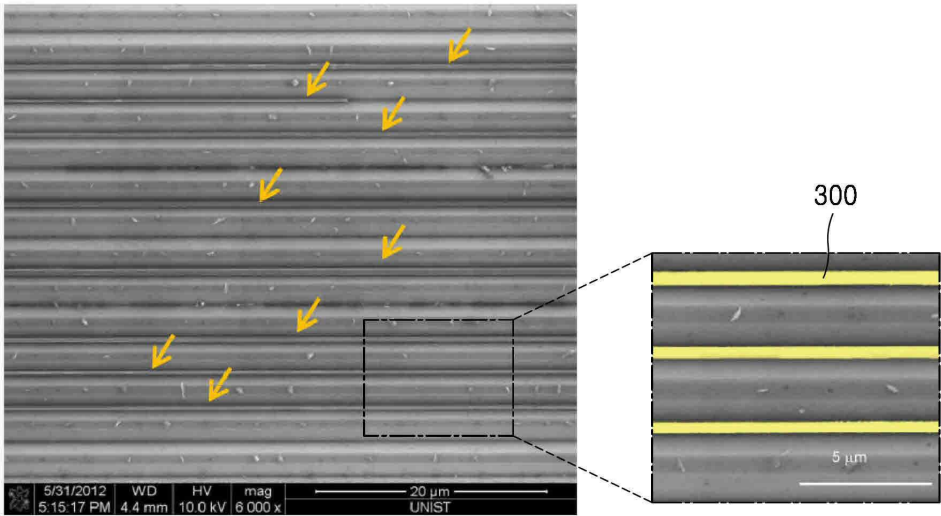
도면4



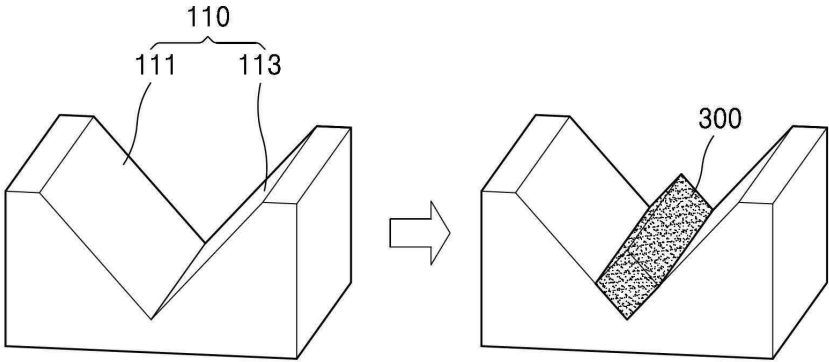
도면5



도면6



도면7



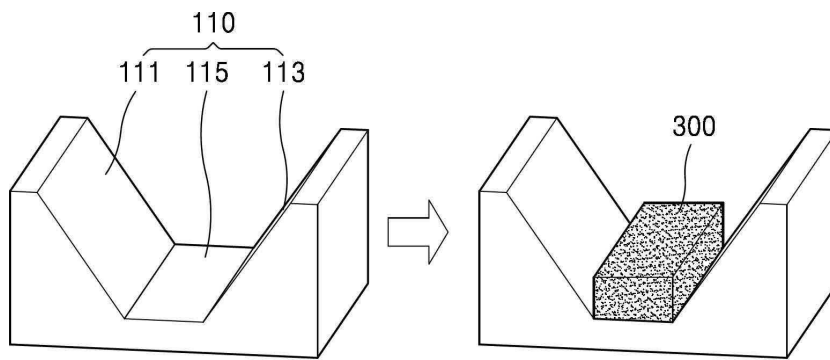
(a)



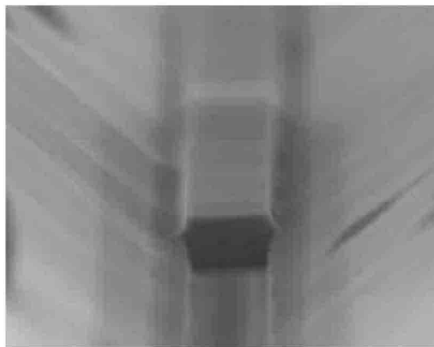
(b)

(c)

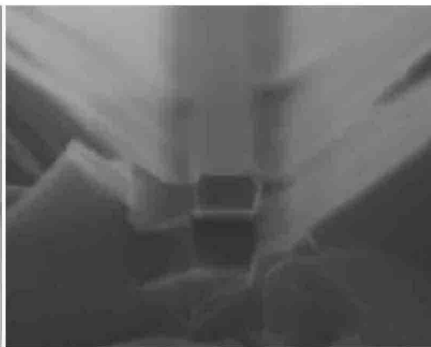
도면8



(a)

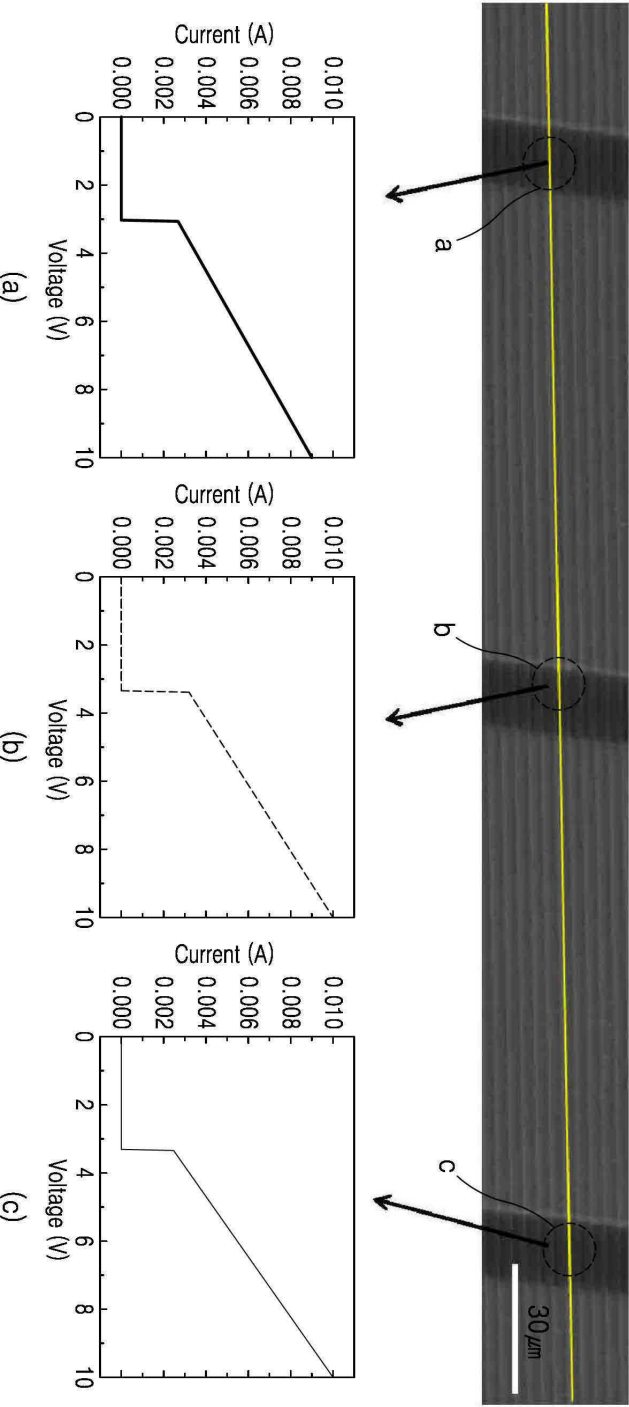


(b)



(c)

도면9



도면10

