



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2010-0098237
(43) 공개일자 2010년09월06일

(51) Int. Cl.

H01L 21/027 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2009-0017295

(22) 출원일자 2009년02월27일

심사청구일자 2009년02월27일

(71) 출원인

고려대학교 산학협력단

서울 성북구 안암동5가 1

(72) 발명자

하정숙

서울특별시 노원구 월계동 930 우남@ 101-2203

김대일

서울특별시 성북구 안암동4가 29-3 304호

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

특허법인대아

전체 청구항 수 : 총 24 항

(54) 나노선 패턴 전이 방법 및 나노선 패턴 전이 장치

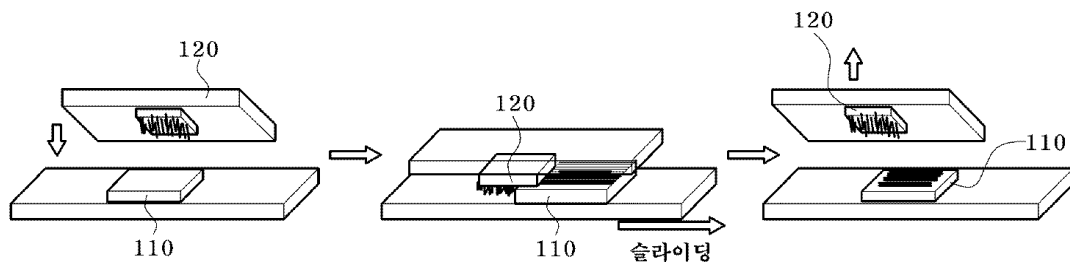
(57) 요약

슬라이딩 전이 방법을 이용한 나노선 패턴의 전이 방법 및 이를 위한 나노선 패턴 전이 장치에 관하여 개시한다.

본 발명에 따른 나노선 패턴 전이 방법은 (a)제1기판 상에 PMMA 패턴을 형성하는 단계; (b)제2기판에 나노선을 형성하는 단계; 및 (c)상기 제1기판 및 제2기판 중 어느 하나의 기판을 고정하고, 다른 하나의 기판을 슬라이딩 시켜, 제2기판에 형성된 나노선을 제1기판의 PMMA 패턴 상에 전이하는 단계를 포함하여 이루어진다.

한편, 본 발명에 따른 슬라이딩 전이 장치는 상부판 및 하부판이 연직방향의 복수의 지지대로 연결되는 구조를 갖는 하우징; 상기 상부판을 관통하여 형성되며, 상기 제1기판과 상기 제2기판의 간격을 조절하는 높이 조절부; 상기 높이 조절부 하부에 형성되며, 상기 제2기판이 고정되는 상부 홀더; 상기 하부판 상에 형성되며, x-y 좌표에서 이동하는 슬라이딩 스테이지부; 상기 슬라이딩 스테이지부 상에 형성되며, 상기 제1기판이 고정되는 하부 홀더; 및 상기 슬라이딩 스테이지부의 이동을 제어하는 제어부를 포함하여 이루어진다.

대표도



(72) 발명자

신건철

경기도 화성시 태안읍 기산동 행림마을삼성래미안
1차아파트

김용관

서울특별시 동대문구 제기1동 67-262

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 ROA20070002010202008

부처명 한국과학재단

연구관리전문기관

연구사업명 국가지정연구실사업(NRL)

연구과제명 SiP(System in Package) 소자 응용을 위한 상향식(bottom-up) 다층 패터닝 공정

기여율

주관기관 한국과학재단

연구기간 2008년07월01일 ~ 2009년06월30일

특허청구의 범위

청구항 1

(a)제1기판 상에 PMMA(poly methy methacrylate) 패턴을 형성하는 단계;

(b)제2기판에 나노선을 형성하는 단계; 및

(c)상기 제1기판 및 제2기판 중 어느 하나의 기판을 고정하고, 다른 하나의 기판을 슬라이딩시켜, 제2기판에 형성된 나노선을 제1기판의 PMMA 패턴 상에 전이하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 나노선 패턴의 전이 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 (a)단계는 상기 제1기판 상에 APS(3-aminoprophyltrimethoxyslane)로 자기조립단분자층(Self assembly monolayer)을 형성한 후에 상기 PMMA 패턴을 형성하는 것을 특징으로 하는 나노선 패턴의 전이 방법.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 (a)단계는 상기 제1기판 상에 용융상태의 PMMA를 도포한 후, 표면에 패턴이 형성된 스탬프를 이용하여 핫 엠보싱 방법으로 상기 PMMA 패턴을 형성하는 것을 특징으로 하는 나노선 패턴의 전이 방법.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 PMMA 패턴의 두께는 10~50nm인 것을 특징으로 하는 나노선 패턴의 전이 방법.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 제1기판은 반도체 소자 제조용 기판인 것을 특징으로 하는 나노선 패턴의 전이 방법.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 (c)단계는 상기 제1기판을 슬라이딩시키고, 상기 제2기판을 고정시키는 것을 특징으로 하는 나노선 패턴의 전이 방법.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 (b)단계는

(b1)랑뮈어-쉐퍼(Langmuir-Schaffer) 방법으로 나노입자 단분자막을 형성하는 단계;

- (b2)표면에 패턴이 형성된 고분자 스탬프를 상기 나노입자 단분자막에 접촉시켜, 상기 고분자 스탬프의 패턴에 나노입자를 흡착시키는 단계;
- (b3)상기 제2기판에 상기 고분자 스탬프의 패턴 표면에 흡착된 나노입자를 접촉시켜, 상기 나노입자를 상기 제2기판에 프린팅하는 단계; 및
- (b4)상기 제2기판에 프린팅된 나노입자를 축매로 하여 나노선을 형성하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 나노선 패턴의 전이 방법.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 (b)단계는

- (b1)랑뮈어-쉐퍼(Langmuir-Schaffer) 방법으로 나노입자 단분자막을 형성하는 단계;
- (b2-1)표면에 특정 방향으로 패턴이 형성된 고분자 스탬프를 상기 나노입자 단분자막에 접촉시켜, 상기 고분자 스탬프의 패턴에 상기 나노입자를 흡착시키는 단계;
- (b3-1)상기 제2기판에 상기 고분자 스탬프 패턴 표면에 흡착된 나노입자를 접촉시켜, 상기 나노입자를 상기 제2기판에 1차 프린팅하는 단계;
- (b2-2)상기 고분자 스탬프를 상기 나노입자 단분자막에 접촉시켜, 상기 고분자 스탬프의 패턴에 상기 나노입자를 흡착시키는 단계;
- (b3-2)상기 제2기판에 상기 고분자 스탬프 패턴 표면에 흡착된 나노입자를 접촉시켜, 상기 나노입자를 상기 제2기판에 2차 프린팅하되, 상기 (b3-1)단계에서의 프린팅 방향과 교차하는 방향으로 프린팅하는 단계; 및
- (b4)상기 제2기판에 1차 및 2차 프린팅된 나노입자를 축매로 하여 나노선을 형성하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 나노선 패턴의 전이 방법.

청구항 9

제1항에 있어서, 상기 (b)단계는

- (b1)랑뮈어-쉐퍼(Langmuir-Schaffer) 방법으로 나노입자 단분자막을 형성하는 단계;
- (b2-1)표면에 특정 방향으로 패턴이 형성된 고분자 스탬프를 상기 나노입자 단분자막에 접촉시켜, 상기 고분자 스탬프의 패턴에 상기 나노입자를 흡착시키는 단계;
- (b3-1)상기 제2기판에 상기 고분자 스탬프 패턴 표면에 흡착된 나노입자를 접촉시켜, 상기 나노입자를 상기 제2기판에 1차 프린팅하는 단계;
- (b4-1)상기 제2기판에 1차 프린팅된 나노입자를 축매로 하여 제1나노선을 형성하는 단계;
- (b2-2)상기 고분자 스탬프를 상기 나노입자 단분자막에 접촉시켜, 상기 고분자 스탬프의 패턴에 상기 나노입자를 흡착시키는 단계;
- (b3-2)상기 제2기판에 상기 고분자 스탬프 패턴 표면에 흡착된 나노입자를 접촉시켜, 상기 나노입자를 상기 제2기판에 2차 프린팅하되, 상기 (b3-1)단계에서의 프린팅 방향과 교차하는 방향으로 프린팅하는 단계; 및
- (b4-2)상기 제2기판에 2차 프린팅된 나노입자를 축매로 하여 제2나노선을 형성하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 나노선 패턴의 전이 방법.

청구항 10

제9항에 있어서,

상기 제1나노선과 제2나노선은 서로 다른 물질로 이루어진 것을 특징으로 하는 나노선 패턴의 전이 방법.

청구항 11

제9항에 있어서,

상기 (b3-2)단계는 상기 고분자 스탬프의 패턴 표면에 흡착된 나노입자를 제거하고, 상기 고분자 스탬프의 음각 부분에 흡착된 나노입자를 프린팅하는 것을 특징으로 하는 나노선 패턴의 전이 방법.

청구항 12

제7항 내지 제11항 중 어느 하나의 항에 있어서,

상기 (b1)단계는

(b1-1)제1용매에 나노입자가 분산된 나노입자 분산액(dispersion)을 제조하는 단계;

(b1-2)상기 제1용매와 비혼합성으로 상기 제1용매보다 비중 및 끓는점이 높은 제2용매에 상기 나노입자 분산액을 포어링(pouring)하여, 상기 제2용매 상부에 상기 나노입자 분산액이 혼합되지 않은 상태로 층을 형성하도록 하는 단계; 및

(b1-3)상기 제1용매를 제거하여, 상기 제2용매 상부에 상기 나노입자로 이루어진 단분자막을 형성하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 나노선 패턴의 전이 방법.

청구항 13

제12항에 있어서,

상기 제1용매는 클로로포름인 것을 특징으로 하는 나노선 패턴의 전이 방법.

청구항 14

제12항에 있어서,

상기 제2용매는 증류수인 것을 특징으로 하는 나노선 패턴의 전이 방법.

청구항 15

제7항 내지 제11항 중 어느 하나의 항에 있어서,

상기 나노입자는 평균입경이 1~10nm인 금 입자인 것을 특징으로 하는 나노선 패턴의 전이 방법.

청구항 16

제7항 내지 제11항 중 어느 하나의 항에 있어서,

상기 고분자 스탬프는 PDMS(poly dimethyl siloxane) 재질로 이루어진 것을 특징으로 하는 나노선 패턴의 전이 방법.

청구항 17

제7항 또는 제8항에 있어서,

상기 (b4)단계는 CVD 증착 방법으로 이루어지는 것을 특징으로 하는 나노선 패턴의 전이 방법.

청구항 18

제9항 내지 제11항 중 어느 하나의 항에 있어서,

상기 (b4-1)단계 및 상기 (b4-2)단계는 CVD 증착 방법으로 이루어지는 것을 특징으로 하는 나노선 패턴의 전이 방법.

청구항 19

제1항 내지 제11항 중 어느 하나의 항에 기재된 전이 방법을 통해 형성된 나노선 패턴을 이용한 나노선 소자.

청구항 20

상부판 및 하부판이 연직방향의 복수의 지지대로 연결되는 구조를 갖는 하우징;

상기 상부판을 관통하여 형성되며, 나노선이 형성되는 제1기판과 나노선을 전이하는 제2기판의 간격을 조절하는 높이 조절부;

상기 높이 조절부 하부에 형성되며, 상기 제1기판 및 상기 제2기판 중 어느 하나의 기판이 고정되는 상부 홀더;

상기 하부판 상에 형성되며, x-y 좌표 상에서 이동하는 슬라이딩 스테이지부;

상기 슬라이딩 스테이지부 상에 형성되며, 상기 제1기판 및 제2기판 중 다른 하나의 기판이 고정되는 하부 홀더; 및

상기 슬라이딩 스테이지부의 이동을 제어하는 제어부를 포함하는 것을 특징으로 하는 나노선 패턴 전이 장치.

청구항 21

제20항에 있어서,

상기 상부 홀더의 일측면에는 가이드(560)가 연직방향으로 형성되어, 상기 상부 홀더의 흔들림을 방지하는 것을 특징으로 하는 나노선 패턴 전이 장치.

청구항 22

제20항에 있어서,

상기 상부 홀더 및 하부 홀더는 진공 펌프와 연결되어 상기 제1기판 및 제2기판을 고정하는 것을 특징으로 하는 나노선 패턴 전이 장치.

청구항 23

제20항에 있어서,

상기 슬라이딩 스테이지부는 x축 방향 및 y축 방향 중 적어도 하나의 방향으로 이동하는 것을 특징으로 하는 나노선 패턴 전이 장치.

청구항 24

제20항에 있어서,

상기 상부 홀더에는 상기 제2기판이 고정되고,

상기 하부 홀더에는 상기 제1기판이 고정되는 것을 특징으로 하는 나노선 패턴 전이 장치.

명세서

발명의 상세한 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은, 수 나노미터의 직경을 갖는 나노선(nano wire) 패턴 전이 방법 및 이를 위한 나노선 패턴 전이 장치에 관한 것으로, 랑뮈어-쉐퍼(Langmuir-Schaffer) 방법과 미세접촉 인쇄법을 이용하여 형성된 나노와이어를 반도체 소자 제조용 기판에 슬라이딩 전이 방법을 통하여 전이할 수 있는 방법 및 이를 위한 나노선 패턴 전이 장치에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 나노선으로 이루어진 반도체 소자, 즉 나노선 소자(nano wire device)를 제작함에 있어, 나노선을 원하는 위치에 배열하고 방향성을 제어하는 것은 나노선 소자의 집적화 및 성능 향상을 위해 필수적인 과제라고 할 수 있다. 또한 같은 크기의 소자에서 단일 나노선에서 구현 할 수 있는 소자의 특성에 비해 한 방향으로 정렬된 네트워크 형태의 나노선 소자가 더 나은 소자 특성을 발휘한다.

[0003] 기존의 나노선 전이 기술은 단일 나노선을 전자빔 리소그래피 과정을 통하여 전자 소자를 제작 하거나, 나노선을 용액상태로 만들어 포토리소그래피 패턴 혹은 전자빔 리소그래피 패턴 위에 뿌리거나 표면처리를 통해 나노선을 네트워크 형태로 흡착시키는 방법을 이용하였다.

[0004] 그러나 이러한 종래의 방법들은 포토리소그래피 공정이나 전자빔 리소그래피 공정을 해야 하므로 시간과 비용이 많이 소요된다. 또한, 종래의 방법들은 나노선을 한 방향으로 정렬시키고 균일한 밀도를 가진 나노선 패턴을 만드는 데에는 한계가 있다.

[0005] 한편, 나노선을 전이하기 이전에 형성되는 나노선은 주로 금(Au)과 같은 촉매 금속을 고가의 증착장비 등을 이용하여 고진공 내에서 증착하는 방법 등을 통하여 진행하였으며, 성장된 나노선을 패터닝시 마스크 얼라이너(Mask Aligner) 장비 등을 이용하여 패턴화하였다.

[0006] 그러나 이러한 방법은 증착장비 내에서 나노선을 성장하는데 짧지 않은 시간이 요구되며, 또한 성장된 나노선을 별도로 패터닝(patterning)하여야 하는 번거로움이 있었다.

[0007] 이러한 문제점을 해결하고자, 증착된 얇은 금속 필름을 이용하지 않고 촉매입자를 용액 상에서 화학결합 또는 반데르발스 힘을 통해 기판 위에 올리고 이를 패터닝하는 연구가 진행되기도 했으나, 이 방법은 기본적으로 드라이 프로세스(dry process) 공정보다 용매 사용 측면에서 여러 불리한 점을 갖고 있다.

[0008] 또한, 미리 패턴화된 고분자 스탬프(Polymer Stamp) 위에 얇은 금속 필름을 증착하여 패터닝하는 방법이 제시되기도 하였지만, 이 방법 고분자 스탬프 상에 금속 필름을 증착하기 위해서는 증착장비의 사용이 불가피하며, 공정 시간이 오래 소요되는 문제점이 있다.

발명의 내용

해결 하고자하는 과제

[0009] 본 발명의 목적은 랑뮈어-쉐퍼(Langmuir-Schaffer) 방법과 미세접촉 인쇄법을 이용하여 형성된 나노와이어를 반도체 소자 제조용 기판에 슬라이딩 전이 방법을 통하여 전이할 수 있는 방법을 제공하여, 나노선 전이를 위한 공정의 간소화와 비용 절감을 꾀하는 것이다.

[0010] 본 발명의 다른 목적은 성장된 나노선을 균일한 힘과 속도로 반도체 소자 제조용 기판 상에 전이시켜, 나노선 패턴을 만들과 동시에 방향성을 결정하고, 나노선 밀도가 일정하도록 하여 패턴 내에 일정 방향으로 배열된 나

노선 소자를 구현할 수 있는 나노선 패턴 전이 장치를 제공하는 것이다.

과제 해결수단

- [0011] 상기 하나의 목적을 달성하기 위한 본 발명의 일실시예에 따른 나노선 패턴 전이 방법은 (a)제1기판 상에 PMMA 패턴을 형성하는 단계; (b)제2기판에 나노선을 형성하는 단계; 및 (c)상기 제1기판 및 제2기판 중 어느 하나의 기판을 고정하고, 다른 하나의 기판을 슬라이딩시켜, 제2기판에 형성된 나노선을 제1기판의 PMMA 패턴 상에 전이하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [0012] 이때, 제2기판에 형성되는 나노선은 랑뮈어-쉐퍼(Langmuir-Schaffer) 방법과 미세접촉 인쇄법을 이용하여 형성될 수 있다.
- [0013] 상기 다른 하나의 목적을 달성하기 위한 본 발명의 일실시예에 따른 나노선 패턴 전이 장치는 상부판 및 하부판이 연직방향의 복수의 지지대로 연결되는 구조를 갖는 하우징; 상기 상부판을 관통하여 형성되며, 나노선이 형성되는 제1기판과 나노선을 전이하는 제2기판의 간격을 조절하는 높이 조절부; 상기 높이 조절부 하부에 형성되며, 상기 제1기판 및 상기 제2기판 중 어느 하나의 기판이 고정되는 상부 홀더; 상기 하부판 상에 형성되며, x-y축 상에서 이동하는 슬라이딩 스테이지부; 상기 슬라이딩 스테이지부 상에 형성되며, 상기 제1기판 및 제2기판 중 다른 하나의 기판이 고정되는 하부 홀더; 및 상기 슬라이딩 스테이지부의 이동을 제어하는 제어부를 포함하여 이루어진다.
- [0014] 이때, 상기 상부 홀더의 일측면에는 가이드가 연직방향으로 형성되어, 상기 상부 홀더의 흔들림을 방지할 수 있으며, 상부 홀더 및 하부 홀더는 진공 펌프와 연결되어 상기 제1기판 및 제2기판을 고정할 수 있다.

효 과

- [0015] 본 발명에 따른 나노선 패턴 전이 방법은 기존의 포토 혹은 전자빔 리소그래피 방식이 아닌 소프트리소그래피 방식의 하나인 랑뮈어-쉐퍼(Langmuir-Schaffer) 방법과 미세접촉 인쇄법을 이용하여 형성된 나노선 패턴을 이용하므로, 공정을 단순화할 수 있으며 또한 비용 절감에 유리하다.
- [0016] 또한, 본 발명에 따른 나노선 패턴 전이 방법을 통하여 제조된 나노선 소자는 x-y 좌표 상에서 이동하는 나노선 패턴 전이 장치를 이용함으로써, 네트워크 형태의 나노선 소자의 정렬도, 전기특성, 소자 배열 등의 측면에서 훌륭한 특성을 보일 수 있다.
- [0017] 또한, 본 발명에 따른 나노선 패턴 전이 장치는 균일한 형태로 나노선 소자를 구현할 수 있으며, 일정한 힘과 속도로 나노선을 전이함으로써 나노선 소자의 재현성 측면에서 우수성을 가지며, 고분자 패턴에 따라 여러 다른 형태의 회로도 제작 가능하며, 이종의 나노선을 같은 품질로 만들어 낼 수 있다는 장점을 가진다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

- [0018] 본 발명의 이점 및 특징, 그리고 그것들을 달성하는 방법은 첨부되는 도면과 함께 상세하게 후술되어 있는 실시예들을 참조하면 명확해질 것이다. 그러나, 본 발명은 이하에서 개시되는 실시예들에 한정되는 것이 아니라 서로 다른 다양한 형태로 구현될 것이며, 단지 본 실시예들은 본 발명의 개시가 완전하도록 하며, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 발명의 범주를 완전하게 알려주기 위해 제공되는 것이며, 본 발명은 청구항의 범주에 의해 정의될 뿐이다. 명세서 전체에 걸쳐 동일 참조 부호는 동일 구성요소를 지칭한다.
- [0019] 이하 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 나노선 패턴 전이 방법 및 이를 위한 나노선 패턴 전이 장치에 관하여 상세히 설명하면 다음과 같다.
- [0020] 도 1은 본 발명의 일실시예에 따른 나노선 패턴 전이 방법을 개략적으로 도시한 것이다.

- [0021] 도 1을 참조하면, 본 발명에 따른 나노선 패턴 전이 방법은 다음과 같다.
- [0022] 우선, 나노선이 형성되는 제1기판(110)에 나노선을 전이하는 제2기판(120)을 접촉시킨다. 이후, 나노선이 형성되는 제1기판(110) 또는 나노선을 전이하는 제2기판(120)을 슬라이딩시켜, 슬라이딩되는 방향으로 나노선을 전이시킨다. 이때, 제1기판(110)은 SiO_2/Si 기판과 같은 반도체 소자 제조용 기판일 수 있다.
- [0023] 본 발명에서, 제1기판(110) 상에는 PMMA(poly methyl methacrylate) 패턴이 형성되는데, PMMA 패턴은 나노선 전이를 위한 틀로서 활용될 수 있으며, PMMA 필름 패턴의 한 응용분야인 나노선 패턴의 기판으로 이용될 수 있다.
- [0024] 이러한 PMMA 패턴은 제1기판(110) 상에 용융상태의 PMMA를 도포한 후, 표면에 패턴이 형성된 금속 또는 고분자 스탬프를 이용하여, 핫 엠보싱 방법을 행함으로써 다양한 패턴을 간단하게 제작할 수 있으며, PMMA 패턴의 두께는 10~50nm 정도가 될 수 있다.
- [0025] 또한, 제1기판은 APS(3-aminopropyltrimethoxysilane)로 자기조립단분자층(Self assembly monolayer)이 형성되어 있다. 자기조립단분자층은 전극 등의 제조 공정에서 전이된 나노선의 손실을 방지하기 위함이다.
- [0026] 제2기판(120)에 형성된 나노선은 도 2 내지 도 4에 도시된 예와 같이, 랑뮈어-쉐퍼(Langmuir-Schaffer) 방법과 미세접촉 인쇄법을 이용하여 형성될 수 있다.
- [0027] 도 2는 제2기판의 나노선 형성 방법의 일 예를 개략적으로 도시한 것으로, 나노입자 단분자막 형성 단계(S210), 나노입자 흡착 단계(S220), 나노입자 프린팅 단계(S230) 및 나노선 성장 단계(S240)를 포함하여 이루어진다.
- [0028] 나노입자 단분자막 형성 단계(S210)에서는 랑뮈어-쉐퍼(Langmuir-Schaffer) 방법으로 나노입자 단분자막(monolayer)을 형성한다.
- [0029] 랑뮈어-쉐퍼 방법은 나노입자가 분산된 분산액(dispersion)을 이용한 단분자막 형성 방법으로, 구체적으로는 제1용매에 나노입자가 분산된 나노입자 분산액을 제조하고, 상기 제1용매와 섞이지 않는 비혼합성으로 상기 제1용매보다 비중 및 끓는점이 높은 제2용매에 상기 나노입자 분산액을 포어링(pouring)하여 상기 제2용매 상부에 상기 나노입자 분산액이 혼합되지 않은 상태로 층을 형성하도록 한 후, 상기 제1용매를 제거함으로써 상기 제2용매 상부에 상기 나노입자로 이루어진 단분자막을 형성하는 과정으로 이루어질 수 있다.
- [0030] 이때, 나노입자는 제1용매에 용해되는 것이 아니라 제1용매에 분산되는 것이며, 나노입자 분산액을 포어링 한 후에는 제1용매를 증발 등을 통해 완전히 제거하여, 나노입자들만으로 이루어진 단분자막을 형성한다.
- [0031] 여기서, 나노입자는 나노선을 성장시키기 위한 촉매 물질로서, 평균입경이 1~10nm인 금(Au) 입자일 수 있다.
- [0032] 랑뮈어-쉐퍼 방법으로 나노입자로 이루어진 단분자막을 형성하는 일례로, 증류수와는 혼합되지 않으며 증류수보다 비중이 낮은 클로로포름에 금 나노입자를 분산시키고, 증류수에 단분자막이 형성될 정도로 금 나노입자 분산액을 포어링 한 후, 클로로포름이 완전히 증발될 때까지 10분정도 대기하면, 증류수 상에 금 나노입자 단분자막이 형성된다.
- [0033] 나노입자 흡착 단계(S120)에서는 표면에 패턴이 형성된 고분자 스탬프(Polymer Stamp)를 상기 나노입자 단분자막에 접촉시켜, 고분자 스탬프의 패턴에 나노입자를 흡착시킨다.
- [0034] 고분자 스탬프는 유연한 특성으로 인하여 임프린트 리소그래피 공정 등에 널리 이용되는 PDMS(poly dimethylsiloxane) 재질로 이루어질 수 있으며, 고분자 스탬프 표면의 패턴은 금속 재질의 스탬프로부터 패턴 전사 방법 등을 통하여 형성될 수 있다.
- [0035] 나노입자 프린팅 단계(S130)에서는 고분자 스탬프의 패턴에 나노입자를 흡착시킨 후, 고분자 스탬프 표면의 제2용매를 제거한 후, 나노선을 성장하고자 하는 제2기판에 고분자 스탬프의 패턴 표면에 흡착된 나노입자를 접촉시켜, 즉 미세접촉 인쇄법으로 고분자 스탬프의 패턴 표면의 나노입자를 제2기판에 프린팅한다.
- [0036] 나노입자를 프린팅한 후 고분자 스탬프를 분리하면 제2기판 상에는 나노선 성장을 위한 패턴화된 나노입자 촉매가 형성된다.
- [0037] 나노선 성장 단계(S240)에서는 나노선 성장에 일반적으로 이용되는 CVD 방법 등으로 제2기판 상에 나노입자를 촉매로부터 나노선을 성장시킨다.
- [0038] 상기의 단계들을 통해 형성되는 나노선 성장용 촉매 패턴은 랑뮈어-쉐퍼 방법 및 미세접촉 인쇄법을 이용한 것

으로, 증착 장비와 같은 고가의 장비를 요하지 않으며, 또한 공정 시간 또한 짧은 장점이 있다. 또한, 종래에는 많은 금 촉매가 소요되었으나, 상기 방법에서는 패턴 부분에만 금 촉매가 소요되는 장점이 있다.

[0039] 상기 고분자 스탬프 표면에 형성된 패턴은 교차형으로 형성되는 것이 1회의 프린팅으로 기관 상에 촉매 패턴을 형성할 수 있으므로, 가장 바람직하다. 그러나, 고분자 스탬프 표면에 교차형으로 패턴을 형성하는 것은 좌우방향과 같이 특정방향으로 패턴을 형성하는 것보다 제조 비용 측면에서 문제가 될 수 있다.

[0040] 고분자 스탬프에 교차형으로 패턴이 형성된 것이 아니고, 특정 방향으로만 패턴이 형성된 경우에는 상기의 프린팅을 2회 이상 수행하면 거의 동일한 결과를 얻을 수 있다. 예를 들어, 1차 프린팅시에는 좌우방향으로 프린팅을 행하고, 2차 프린팅시에는 상하방향으로 프린팅을 행하는 경우 교차형의 촉매 패턴을 형성할 수 있다.

[0041] 도 3은 제2기관의 나노선 형성 방법의 다른 일 예를 개략적으로 도시한 것으로, 나노입자 단분자막 형성 단계(S310), 나노입자 흡착단계(S320), 나노입자 1차 프린팅 단계(S330), 나노입자 재흡착단계(S340), 나노입자 2차 프린팅 단계(S350) 및 나노선 성장 단계(S360)를 포함하여 이루어진다.

[0042] 나노입자 단분자막 형성 단계(S310)에서는 전술한 바와 같이, 랑뮈어-쉐퍼(Langmuir-Schaffer) 방법으로 나노입자 단분자막을 형성한다. 나노입자 흡착단계(S320)에서는 표면에 특정 방향으로 패턴이 형성된 고분자 스탬프를 상기 나노입자 단분자막에 접촉시켜, 상기 고분자 스탬프의 패턴에 나노입자를 흡착시킨다. 나노입자 1차 프린팅 단계(S330)에서는 제2기관에 고분자 스탬프 패턴 표면에 흡착된 나노입자를 접촉시켜, 나노입자를 제2기관에 특정 방향으로 1차 프린팅한다.

[0043] 나노입자 재흡착단계(S340)에서는 1차 프린팅 이후, 고분자 스탬프를 나노입자 단분자막에 다시 접촉시켜, 고분자 스탬프의 패턴에 나노입자를 다시 흡착시킨다. 나노입자 2차 프린팅 단계(S350)에서는 1차 프린팅된 제2기관에 고분자 스탬프 패턴 표면에 흡착된 나노입자를 다시 접촉시켜, 나노입자를 기관에 1차 프린팅된 방향과 교차하는 방향으로 2차 프린팅한다.

[0044] 상기 과정들을 통하여 기관 상에 교차형 촉매 패턴을 형성할 수 있다. 이후, 전술한 바와 같이, CVD 방법으로 상기 형성된 나노패턴을 촉매로 하여 제2기관 상에 나노선을 성장시킨다(S360).

[0045] 도 3에 제시된 나노선 형성 방법은 특정방향으로 패턴이 형성된 고분자 스탬프를 이용하여 2차례에 걸친 프린팅을 통하여 교차형 촉매 패턴을 형성할 수 있으며, 1회의 나노선 성장 과정을 거치게 되므로, 동일한 물질의 나노선을 형성시키는데 적합하다.

[0046] 도 3은 제2기관의 나노선 형성 방법의 또 다른 일 예를 개략적으로 도시한 것으로, 나노입자 단분자막 형성 단계(S410), 나노입자 흡착단계(S420), 나노입자 1차 프린팅 단계(S430), 제1나노선 성장 단계(S440), 나노입자 재흡착단계(S450), 나노입자 2차 프린팅 단계(S460) 및 제2나노선 성장 단계(S470)를 포함하여 이루어진다.

[0047] 나노입자 단분자막 형성 단계(S410)에서는 랑뮈어-쉐퍼(Langmuir-Schaffer) 방법으로 나노입자 단분자막을 형성한다. 나노입자 흡착단계(S420)에서는 표면에 특정 방향으로 패턴이 형성된 고분자 스탬프를 나노입자 단분자막에 접촉시켜, 상기 고분자 스탬프의 패턴에 상기 나노입자를 흡착시킨다. 나노입자 1차 프린팅 단계(S430)에서는 제2기관에 고분자 스탬프 패턴 표면에 흡착된 나노입자를 접촉시켜, 나노입자를 제2기관에 1차 프린팅한다. 제1나노선 성장 단계(S440)에서는 CVD 등의 방법으로 제2기관에 1차 프린팅된 나노입자를 촉매로 하여 특정 방향으로 패턴화된 제1나노선을 형성한다.

[0048] 제2나노선은 상술한 제1나노선을 형성하는 단계(S420~S440)를 반복 수행하여 형성할 수 있다. 즉, 나노입자 재흡착단계(S450)에서는 고분자 스탬프를 나노입자 단분자막에 다시 접촉시켜, 상기 고분자 스탬프의 패턴에 상기 나노입자를 재흡착시킨다. 나노입자 2차 프린팅 단계(S460)에서는 제1나노선이 성장된 제2기관에 고분자 스탬프 패턴 표면에 흡착된 나노입자를 1차 프린팅한 방향과 교차하는 방향으로 다시 접촉시켜, 나노입자를 제2기관에 2차 프린팅한다.

[0049] 이때, 2차 프린팅은 경우에 따라서는 고분자 스탬프의 음각 부분에 흡착된 나노입자를 프린팅하여 이루어질 수 있다. 이는, 고분자 스탬프 패턴에 나노입자를 흡착한 후, 고분자 스탬프의 패턴 표면, 즉 양각 부분의 나노입자를 나노선을 형성하기 위한 다른 기관에 프린팅한 후, 음각 부분이 제1나노선이 성장된 기관에 접촉할 정도의 힘을 가해 고분자 스탬프의 음각 부분에 흡착된 나노입자를 프린팅하여 이루어질 수 있다. 제2나노선 성장 단계

(S470)에서는 제1기판에 2차 프린팅된 나노입자를 촉매로 하여 제1나노선과 교차하는 방향으로 패턴화된 제2나노선을 형성한다.

- [0050] 도 4에 제시된 나노선 형성방법은 2회에 걸친 나노선의 성장이 있게 되므로, 동일한 물질 뿐만 아니라, 이종의 물질들의 나노선을 성장시킬 수 있다. 예를 들어 좌우방향으로는 SnO_2 나노선을 성장시키고, 상하방향으로는 Ga_2O_3 나노선을 성장시킬 수 있다. 교차되는 부분에서는 2가지 물질 모두의 나노선이 성장된다.
- [0051] 나노선 전이는 제1기판(110) 및 제2기판(120) 중 어느 하나의 기판을 고정하고, 다른 하나의 기판을 슬라이딩시켜, 제2기판(120)에 형성된 나노선을 제1기판(110)의 PMMA 패턴 상에 전이한다. 제1기판(110) 및 제2기판(120) 어느 기판을 슬라이딩시켜도 무방하나, 제2기판(120)을 상부에 놓고, 제1기판(110)을 하부에서 슬라이딩할 경우 패턴 전이가 유리할 수 있다.
- [0052] 나노선 패턴 전이를 위하여, 본 발명에서는 나노선 패턴 전이 장치를 제공한다.
- [0053] 도 5a는 본 발명에 따른 나노선 패턴 전이 장치를 개략적으로 도시한 것이고, 도 5b는 상기 나노선 패턴 전이 장치의 시제품 사진이다.
- [0054] 도 5a 및 도 5b를 참조하면, 본 발명에 따른 나노선 패턴 전이 장치는 하우징(510), 높이 조절부(520), 상부 홀더(530), 슬라이딩 스테이지부(540), 하부 홀더(550) 및 제어부(미도시)를 포함한다.
- [0055] 하우징(510)은 상부판(501) 및 하부판(502)이 연직방향의 복수의 지지대(503)로 연결되는 구조를 갖는다.
- [0056] 높이 조절부(520)는 상부판(501)을 관통하여 형성되며, 나노선이 형성되는 제1기판과 나노선을 전이하는 제2기판의 간격을 조절한다. 높이 조절부(520)는 도 5a에 도시된 바와 같이 조절나사를 이용할 수 있으며, 제어부를 통한 전기적인 높이 조절이 이루어질 수 있다.
- [0057] 상기 높이 조절부(520)는 하부에 고정되는 기판과 상부에 위치하는 기판이 접촉할 때의 힘을 조절해주며, 그 때의 힘은 토크미터를 이용하여 압력으로 계산하게 된다. 이를 이용하여 상부에 위치하는 기판과 하부에 고정되는 기판 사이에 일정한 압력으로 나노선을 접촉시켜 줄 수 있다.
- [0058] 상부 홀더(530)는 높이 조절부(520) 하부에 형성되며, 제1기판 및 상기 제2기판 중 어느 하나의 기판, 바람직하게는 제2기판이 고정된다.
- [0059] 슬라이딩 스테이지부(540)는 하부판(502) 상에 형성되며, 원하는 위치에 원하는 형태로 정렬된 나노선 패턴을 형성할 수 있도록, x-y 좌표 상에서 x축 방향 및 y축 방향 중 적어도 하나의 방향으로 이동하는 구조를 갖는다.
- [0060] 하부 홀더(550)는 슬라이딩 스테이지부(540) 상에 형성되며, 제1기판 및 제2기판 중 다른 하나의 기판, 바람직하게는 제1기판이 고정된다.
- [0061] 제어부는 슬라이딩 스테이지부(540)의 이동속도, 이동방향, 이동거리 등을 제어한다.
- [0062] 예로, 제어부를 통하여 슬라이딩 스테이지부(540)의 이동에 의해 제1기판이 움직이는 속도를 1 mm/s와 같이 정할 수 있고, 제어부에 내장된 컴퓨터 프로그램으로 조작해주면 그 속도는 자유자재로 조절 가능하다.
- [0063] 따라서, 제어부는 상부에서 하부에 위치하는 기판을 눌러주는 힘과 수평방향으로 움직이는 힘을 일정하게 유지함으로써 나노선이 균일한 밀도와 방향을 가질 수 있도록 도와주게 된다.
- [0064] 한편, 상부 홀더(530)의 일측면에는 가이드(560)가 연직방향으로 형성되어 있을 수 있다. 가이드(560)는 나노선 패턴 전이시 상부 홀더(530)에 고정되는 기판에 전달되는 수평 방향으로의 힘을 분산시킴으로써 상부 홀더(530)의 흔들림을 방지하는 역할을 한다.
- [0065] 상부 홀더(530) 및 하부 홀더(550)는 제1기판 및 제2기판을 각각을 진공을 통하여 고정할 수 있도록, 각각의 진공연결부(571a, 570b)를 통하여 진공 펌프(미도시)와 연결되어 있을 수 있다.
- [0066] 상기의 나노선 패턴 전이 장치는 나노선 패턴 전이에 비교적 짧은 공정이 소요되며, 또한 적은 비용으로도 원하는 패턴으로 우수한 품질의 나노선 패턴을 형성할 수 있다. 또한, 슬라이딩 스테이지의 이동 속도나 이동 방향 등을 제어부를 통하여 제어할 수 있어, 나노선 소자의 안정성에 필수적인 재현성이 높은 패턴된 나노선 패턴을 만들 수 있는 장점이 있다.

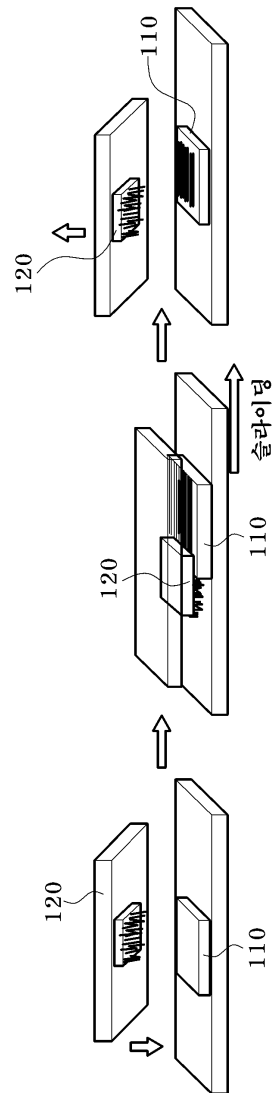
- [0067] 도 6은 본 발명에 따른 나노선 패턴 전이 장치를 이용하여 나노선을 전이한 것을 나타내는 SEM 이미지로서, 이용된 기판은 SiO_2/Si 기판 상에 APS(3-aminopropyltrimethoxysilane)로 자기조립단분자막 처리를 한 것을 이용하였으며, 전이된 나노선은 SnO_2 나노선이었다.
- [0068] 도 6을 참조하면, SnO_2 나노선이 한쪽 방향(상하방향)으로 정렬되어 있음을 확인할 수 있다.
- [0069] 도 7a 및 도 7b는 랑뮈어-웨퍼 기술과 미세접촉인쇄법을 이용하여 PMMA 필름 상에 나노선 패턴을 형성한 것을 나타낸 것으로, 도 7a는 $10\mu\text{m}$ 두께로 상하방향의 라인패턴으로 형성한 것이고, 도 7b는 $50\mu\text{m}$ 두께로 격자형 패턴으로 형성한 것이다.
- [0070] 도 8a 및 도 8b는 본 발명에 따른 나노선 패턴 전이 장치를 이용하여 격자 형태의 PMMA 필름 패턴 상에 SnO_2 나노선을 전이 시킨 것을 도시한 것이다. 도 8b를 참조하면, 나노선은 나노선 패턴 전이 장치의 방향에 의해 한쪽 방향(상하방향)으로 정렬되어 전이되어 있고, 패턴 모양 그대로 전이된 모습을 보여준다.
- [0071] 도 9a 내지 도 9d는 본 발명에 따른 나노선 패턴 전이 방법을 이용하여 형성된 나노선을 이용하여 제작한 FET 소자의 AFM 이미지, SEM 이미지 및 전압-전류 특성을 나타낸 것이다.
- [0072] 도 9a 및 도 9b를 참조하면, 나노선이 방향성과 패턴을 유지하며 형성되어 있으며, 상기 제조된 FET(Field Effect Transistor) 소자는 도 9c 및 도 9d에 도시된 바와 같이, 전형적인 n타입 반도체의 전압-전류 특성을 나타내었다.
- [0073] 이상에서는 본 발명의 일실시예를 중심으로 설명하였지만, 당업자의 수준에서 다양한 변경이나 변형을 가할 수 있다. 이러한 변경과 변형이 본 발명의 범위를 벗어나지 않는 한 본 발명에 속한다고 할 수 있다. 따라서 본 발명의 권리범위는 이하에 기재되는 청구범위에 의해 판단되어야 할 것이다.

도면의 간단한 설명

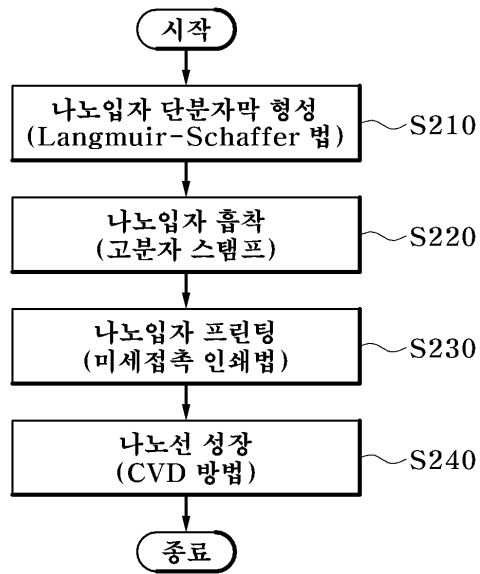
- [0074] 도 1은 본 발명의 일실시예에 따른 나노선 패턴 전이 방법을 개략적으로 도시한 것이다.
- [0075] 도 2 내지 도 4는 제2기판의 나노선 형성 방법의 예들을 개략적으로 도시한 것이다.
- [0076] 도 5a는 본 발명에 따른 나노선 패턴 전이 장치를 개략적으로 도시한 것이고, 도 5b는 상기 나노선 패턴 전이 장치의 시제품 사진이다.
- [0077] 도 6은 본 발명에 따른 나노선 패턴 전이 장치를 이용하여 나노선을 전이한 것을 나타내는 SEM 사진이다.
- [0078] 도 7a 및 도 7b는 랑뮈어-웨퍼 기술과 미세접촉인쇄법을 이용하여 PMMA 필름 상에 나노선 패턴을 형성한 것을 나타낸 것이다.
- [0079] 도 8a 및 도 8b는 본 발명에 따른 나노선 패턴 전이 장치를 이용하여 사각형 형태의 PMMA 필름 패턴 상에 SnO_2 나노선을 전이 시킨 것을 도시한 것이다.
- [0080] 도 9a 내지 도 9d는 본 발명에 따른 나노선 패턴 전이 방법을 이용하여 형성된 나노선을 이용하여 제작한 FET 소자의 AFM 이미지, SEM 이미지 및 전압-전류 특성을 나타낸 것이다.

도면

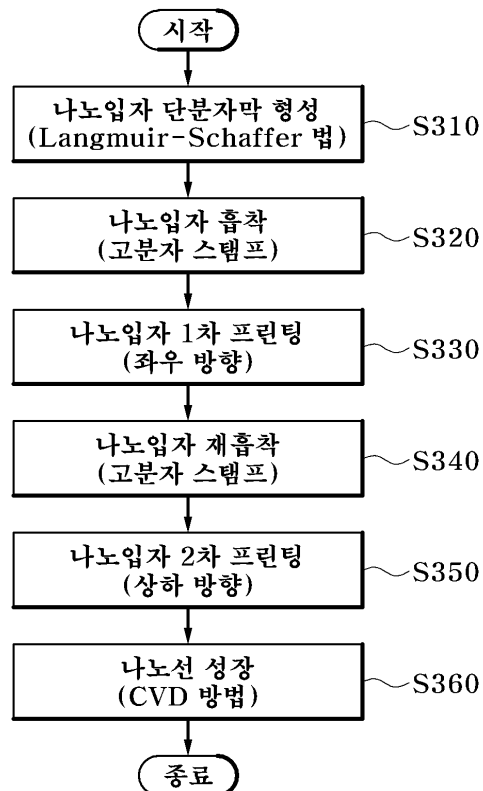
도면1



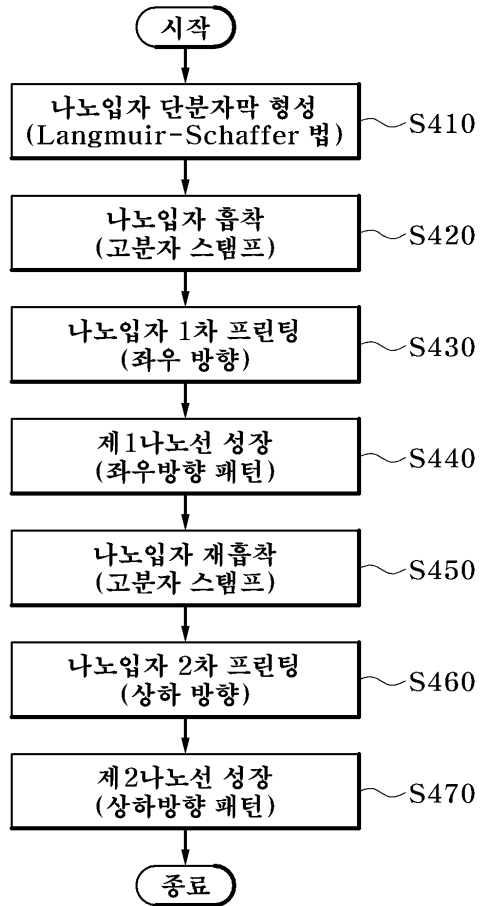
도면2



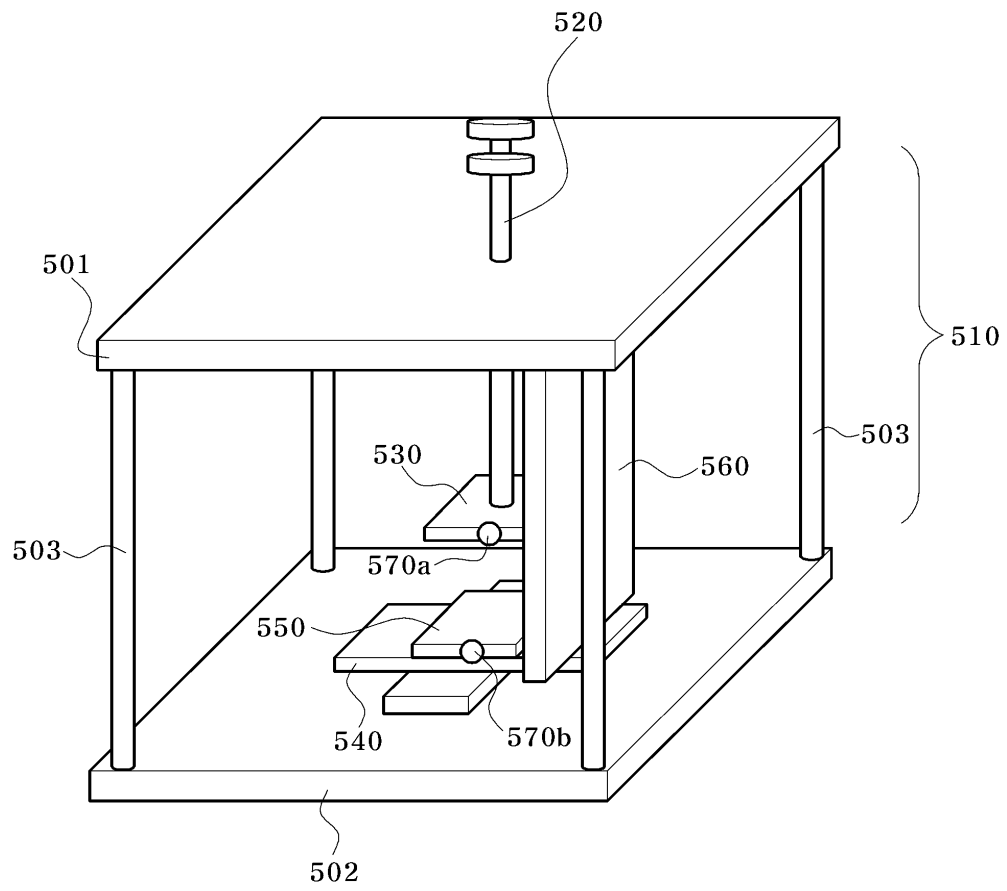
도면3



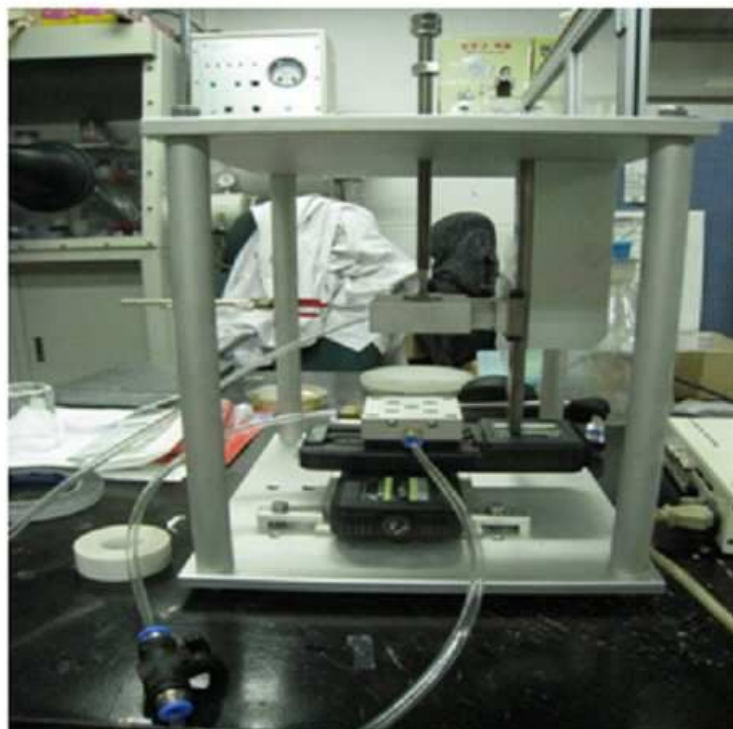
도면4



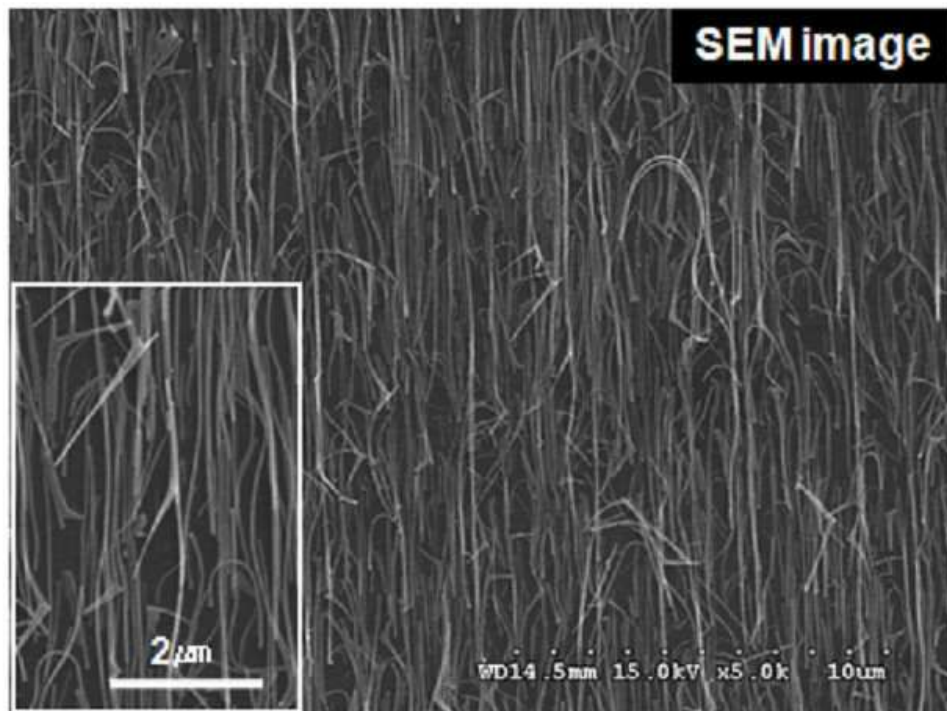
도면5a



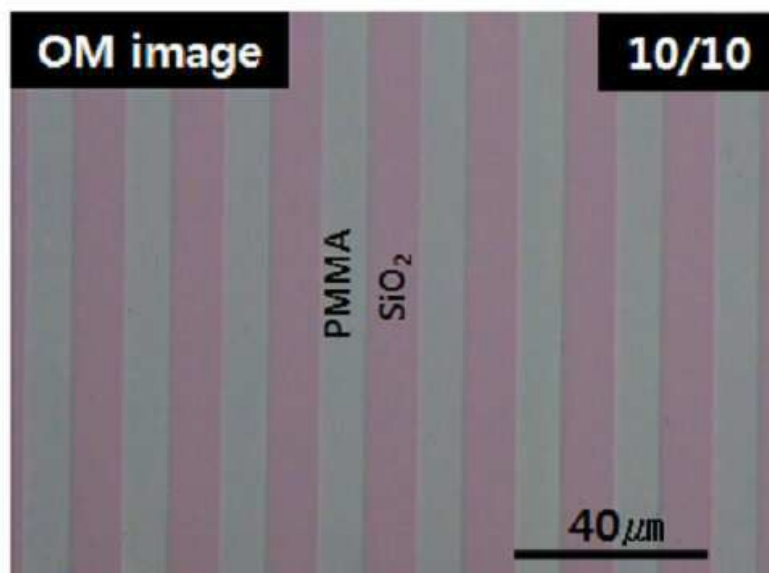
도면5b



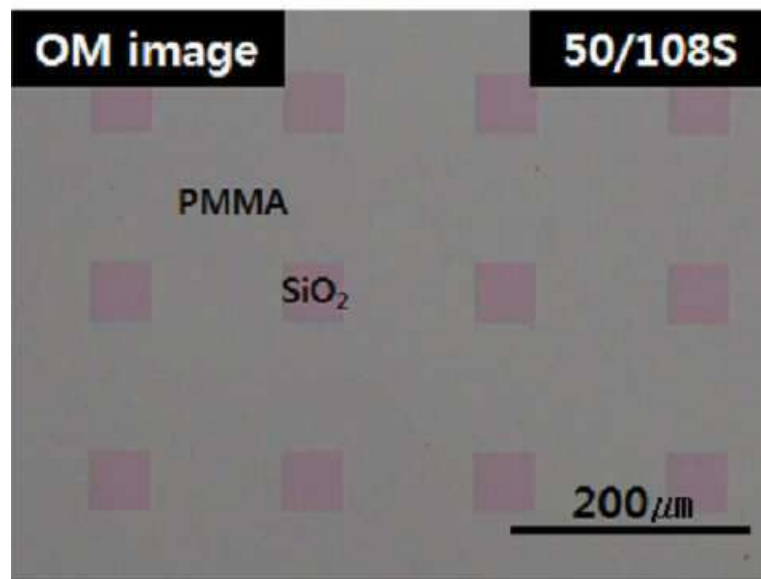
도면6



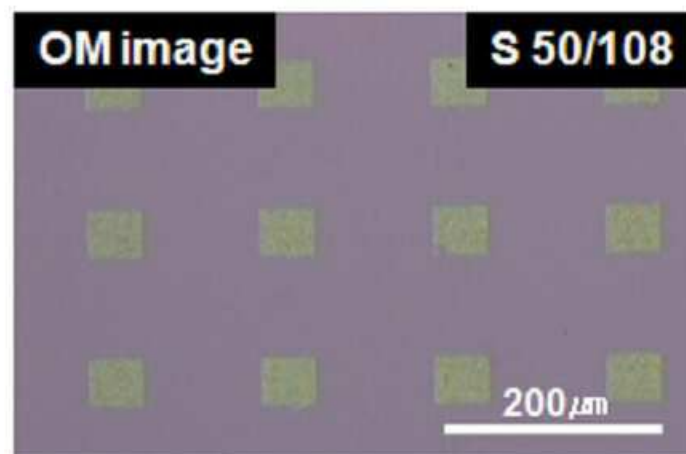
도면7a



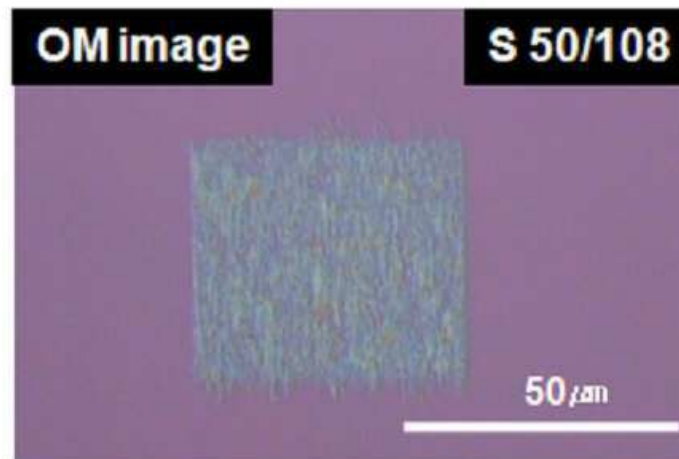
도면7b



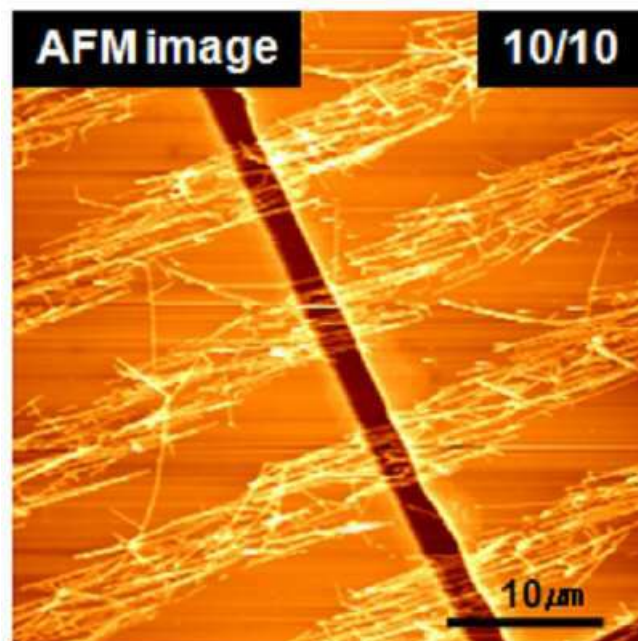
도면8a



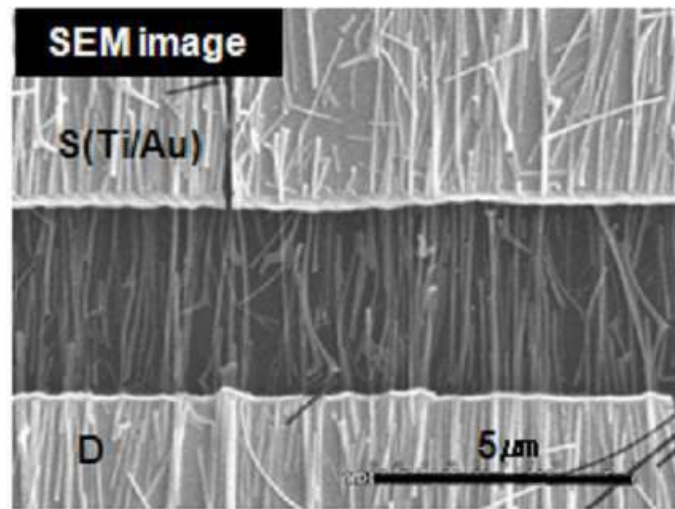
도면8b



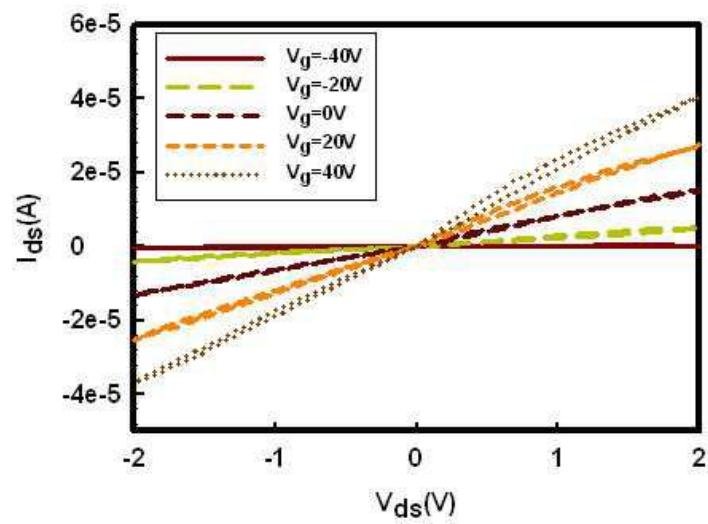
도면9a



도면9b



도면9c



도면9d

