



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2008-0054776
(43) 공개일자 2008년06월19일

(51) Int. Cl.

H01L 21/027 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2006-0127326

(22) 출원일자 2006년12월13일

심사청구일자 2006년12월13일

(71) 출원인

고려대학교 산학협력단

서울 성북구 안암동5가1 고려대학교 내

(72) 발명자

신건철

서울 성북구 안암동5가 104-290

하정숙

서울 노원구 월계동 우남아파트 101동 2203호

(74) 대리인

현종철

전체 청구항 수 : 총 14 항

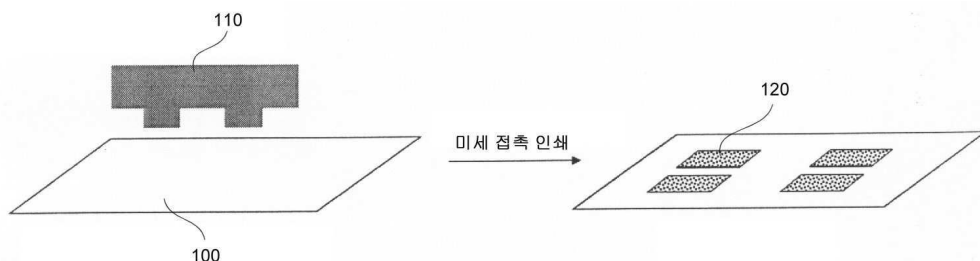
(54) 오산화이바나듐 나노선 패턴 및 금나노입자 패턴을 포함하는 나노회로의 제조방법

(57) 요약

본 발명은 오산화이바나듐 나노선 패턴 및 금나노입자 패턴을 포함하는 나노회로의 제조방법 및 그로부터 제조된 나노회로에 관한 것으로서, 더욱 구체적으로는, a) 오산화이바나듐 나노선 흡착 물질을 제1 고분자 스탬프의 패턴화된 표면에 도포한 후, 기판 상에 미세접촉인쇄 방식에 의해서 전이시키는 단계; b) 상기 기판을 오산화이바나듐 나노선 용액에 침지시킴으로써 오산화이바나듐의 나노선 패턴을 제조하는 단계; c) 금나노입자-양친매성 분자 복합체 용액을 물로 채워진 랑뮈에-블라제 트러프 (Langmuir-Blodgett trough)의 물-공기 계면에 도포하고, 상기 랑뮈에-블라제 트러프에 장착된 배리어 (barrier)를 사용하여 상기 금나노입자 용액의 계면 압력을 조정하는 단계; d) 상기 랑뮈에-블라제 트러프의 침지 막대 (dipping arm)에 제2 고분자 스탬프를 고정하고, 상기 제2 고분자 스탬프의 패턴화된 표면을 상기 금나노입자-양친매성 분자 복합체 용액의 표면과 접촉시킴으로써 금나노입자의 패턴을 제조하는 단계; 및 e) 상기 금나노입자 패턴을 상기 b) 단계의 오산화이바나듐 나노선 패턴 상에 미세접촉인쇄 방식에 의해서 전이시키는 단계를 포함하는 오산화이바나듐 나노선 패턴 및 금나노입자 패턴을 포함하는 나노회로의 제조방법 및 그로부터 제조된 나노회로에 관한 것이다.

본 발명에 따르면, 유연성 기판 (flexible substrate) 상에 나노회로를 인쇄할 수 있어서 이동성 및 휴대성이 양호한 미세전자소자를 제작할 수 있으며, 각종 다이오드, 트랜지스터 및 센서 등에 응용이 가능하고, 간단하고 신속하며 저렴한 방식으로 나노회로를 대면적으로 제작할 수 있다.

대표도 - 도3a



특허청구의 범위

청구항 1

- a) 오산화이바나듐 나노선 흡착 물질을 제1 고분자 스탬프의 패턴화된 표면에 도포한 후, 기관 상에 미세접촉인쇄 방식에 의해서 전이시키는 단계;
- b) 상기 기관을 오산화이바나듐 나노선 용액에 침지시킴으로써 오산화이바나듐의 나노선 패턴을 제조하는 단계;
- c) 금나노입자-양친매성 분자 복합체 용액을 물로 채워진 랑뮈에-블라제 트러프 (Langmuir-Blodgett trough)의 물-공기 계면에 도포하고, 상기 랑뮈에-블라제 트러프에 장착된 배리어 (barrier)를 사용하여 상기 금나노입자 용액의 계면 압력을 조정하는 단계;
- d) 상기 랑뮈에-블라제 트러프의 침지 막대 (dipping arm)에 제2 고분자 스탬프를 고정한 다음, 상기 제2 고분자 스탬프의 패턴화된 표면을 상기 금나노입자-양친매성 분자 복합체 용액의 표면과 접촉시킴으로써 금나노입자의 패턴을 제조하는 단계; 및
- e) 상기 금나노입자 패턴을 상기 b) 단계의 오산화이바나듐 나노선 패턴 상에 미세접촉인쇄 방식에 의해서 전이시키는 단계를 포함하는 오산화이바나듐 나노선 패턴 및 금나노입자 패턴을 포함하는 나노회로의 제조방법.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 오산화이바나듐 나노선 흡착 물질은 (3-아미노프로필)트리에톡시실란 용액, (3-아미노프로필)트리메톡시실란 용액, (3-아미노프로필)다이에톡시메틸실란 용액 및 그 혼합물로 이루어진 군으로부터 선택된 것을 특징으로 하는 오산화이바나듐 나노선 패턴 및 금나노입자 패턴을 포함하는 나노회로의 제조방법.

청구항 3

제2항에 있어서, 상기 (3-아미노프로필)트리에톡시실란 용액의 농도는 0.1mg/ml 내지 0.2mg/ml인 것을 특징으로 하는 오산화이바나듐 나노선 패턴 및 금나노입자 패턴을 포함하는 나노회로의 제조방법.

청구항 4

제1항에 있어서, 상기 제1 고분자 스탬프 및 상기 제2 고분자 스탬프의 재질은 폴리디메틸실록산인 것을 특징으로 하는 오산화이바나듐 나노선 패턴 및 금나노입자 패턴을 포함하는 나노회로의 제조방법.

청구항 5

제1항에 있어서, 상기 기관은 SiO_2 , 유연성 폴리카보네이트, 유연성 폴리에틸렌테레프탈레이트 및 유연성 폴리테트라메이드로 이루어진 군으로부터 선택된 재질의 기관인 것을 특징으로 하는 오산화이바나듐 나노선 패턴 및 금나노입자 패턴을 포함하는 나노회로의 제조방법.

청구항 6

제1항에 있어서, 상기 오산화이바나듐 나노선 용액의 용매는 물, 에탄올, 메탄올 및 그 혼합물로 이루어진 군으로부터 선택된 것이며, 그 농도는 0.1mg/ml 내지 0.2mg/ml인 것을 특징으로 하는 오산화이바나듐 나노선 패턴 및 금나노입자 패턴을 포함하는 나노회로의 제조방법.

청구항 7

제1항에 있어서, 상기 양친매성 분자는 옥타티올, 도데칸티올, 헥사데칸티올 및 옥타데칸티올로 이루어진 군으로부터 선택된 것을 특징으로 하는 오산화이바나듐 나노선 패턴 및 금나노입자 패턴을 포함하는 나노회로의 제조방법.

청구항 8

제1항에 있어서, 상기 금나노입자-양친매성 분자 복합체 용액의 용매는 클로로포름, 톨루엔, 벤젠 및 그 혼합물로 이루어진 군으로부터 선택된 것이며, 그 농도는 0.2mg/ml 내지 0.5mg/ml인 것을 특징으로 하는 오산화이바나듐 나노선 패턴 및 금나노입자 패턴을 포함하는 나노회로의 제조방법.

청구항 9

제1항에 있어서, 상기 c) 단계의 계면 압력은 15mN/m 내지 20mN/m로 조정되는 것을 특징으로 하는 오산화이바나듐 나노선 패턴 및 금나노입자 패턴을 포함하는 나노회로의 제조방법.

청구항 10

제1항에 있어서, 상기 d) 단계의 상기 제2 고분자 스탬프의 패턴화된 표면과 상기 금나노입자-양친매성 분자 복합체 용액의 표면과의 접촉은 상기 제2 고분자 스탬프의 패턴화된 표면과 상기 금나노입자-양친매성 분자 복합체 용액의 표면이 상호 평행하도록 접촉되는 것을 특징으로 하는 오산화이바나듐 나노선 패턴 및 금나노입자 패턴을 포함하는 나노회로의 제조방법.

청구항 11

제1항에 있어서, 상기 d) 단계의 상기 제2 고분자 스탬프의 패턴화된 표면과 상기 금나노입자-양친매성 분자 복합체 용액의 표면과의 접촉은 상기 제2 고분자 스탬프의 패턴화된 표면과 상기 금나노입자-양친매성 분자 복합체 용액의 표면이 상호 수직하도록 접촉되는 것을 특징으로 하는 오산화이바나듐 나노선 패턴 및 금나노입자 패턴을 포함하는 나노회로의 제조방법.

청구항 12

제1항에 있어서, 상기 d) 단계 이후에 상기 제2 고분자 스탬프의 패턴화된 표면을 물 또는 에탄올로 세척하고, 상기 제2 고분자 스탬프의 패턴화된 표면 상에 질소 가스를 불어주는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 오산화이바나듐 나노선 패턴 및 금나노입자 패턴을 포함하는 나노회로의 제조방법.

청구항 13

제1항에 있어서, 상기 e) 단계 이후에 254nm 내지 198nm의 파장을 갖는 자외선을 조사하거나, 진공 중 160℃ 내지 170℃의 온도에서 100분 내지 120분 동안 가열하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 오산화이바나듐 나노선 패턴 및 금나노입자 패턴을 포함하는 나노회로의 제조방법.

청구항 14

제1항 내지 제13항 중의 어느 한 항에 따른 방법에 의해서 제조된 오산화이바나듐 나노선 패턴 및 금나노입자 패턴을 포함하는 나노회로.

명세서

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

<14> 본 발명은 오산화이바나듐 나노선 패턴 및 금나노입자 패턴을 포함하는 나노회로의 제조방법 및 그로부터 제조된 나노회로에 관한 것으로서, 더욱 구체적으로는, 유연성 기판 (flexible substrate) 상에 나노회로를 인쇄할 수 있어서 이동성 및 휴대성이 양호한 미세전자소자를 제작할 수 있으며, 각종 다이오드, 트랜지스터 및 센서 등에 응용이 가능하고, 간단하고 신속하며 저렴한 방식으로 나노회로를 대면적으로 제작할 수 있는 오산화이바나듐 나노선 패턴 및 금나노입자 패턴을 포함하는 나노회로의 제조방법 및 그로부터 제조된 나노회로에 관한 것이다.

<15> 최근 해상도 100nm 이하의 고해상도 인쇄기술에 대한 필요성으로 인해서, 전자빔 리소그래피 방법, 액침 (liquid immersion) 리소그래피 방법, 극자외선 (extreme ultraviolet) 리소그래피 방법 등과 같은 다양한 리소그래피 방법이 개발되고 있다. 그러나, 리소그래피 방법의 경우, 100nm 이하의 노드에서 심각한 문제점을 내포하고 있는 바, 이는 광굴절로 인한 왜곡을 보상하기 위해서 교정기술을 계속 추가함에 따라서 적층되는 금속층의 수가 계속 증가할 뿐만 아니라, 웨이퍼가 얇아질수록 이에 적합한 조작기법과 세정기술이 지속적으로 개발되어야 하기 때문에 제조비용의 상승을 초래하고, 유연성 기판 등과 같은 다양한 기판에의 응용가능성 등에도

그 한계를 드러내고 있다.

- <16> 따라서, 최근에는 미세접촉인쇄 (microcontact printing) 방식이 개발되어 나노회로의 제작에 응용되고 있는데, 미세접촉인쇄 방식이란, 액체 잉크를 연성 스탬프에 묻혀서 기판 상에 찍어내면, 액체 잉크가 기판 상에서 자가 조립 모노레이어 또는 다중 레이어를 형성하게 되는 방식을 의미한다. 이러한 미세접촉인쇄 방식의 경우, 10nm 또는 그 이하의 나노 크기를 갖는 회로를 제작할 수 있을 뿐만 아니라, 대면적에 대한 균일성, 정확한 오버레이 정렬, 대량생산성 및 경제성 등의 장점을 갖는다. 더 나아가, 미세접촉인쇄 방식에 의한 경우, 3차원 집적회로를 제작하거나, 하나의 웨이퍼 상에 MEMS (Micro Electro Mechanical System) 및 광전자 기술을 결합하는 것도 가능하다.
- <17> 또한, 액체-기체 계면으로부터 기판 등의 고체 표면에 단층막 또는 다층막을 이전하는 방법으로서, 랑뮈에-블라제 트러프 (Langmuir-Blodgett trough; LB trough)를 이용한 방법이 공지되어 있다 (K. A. Blodgett, *JACS*, **1935**, *57*, 1007). 도 1에는 랑뮈에-블라제 트러프에 대한 개요도가 도시되어 있으며, 트러프 내에 물 등과 같은 분산매를 넣고, 상기 분산매와 공기 사이의 계면에 위치하는 양친매성 분자막을 기판 등의 고체 표면으로 이전하게 된다. LB 트러프 이용 방법은, 비휘발성 또는 비수용성 물질이 수면 상에 존재할 때 이 물질의 분자들과 수면과의 부착력 (adhesion)이 분자들 간의 응집력 (cohesion)보다 크면 분자들이 수면 위에서 확산 이론에 따라 분산되고, 분산된 분자들은 단분자 박막을 형성하므로 이를 기판 등의 고체 표면에 나노 두께의 박막으로 이전할 수 있는 원리를 이용한 방법이다. 이때, 수면 상에 분자가 분산되기 위해서는 분자 자체가 양친매성 (amphiphilicity)을 지녀서, 상기 양친매성 분자가 수면과 접촉하였을 경우, 친수성 부분은 물에 잠기고 소수성 부분은 수면과 반대 방향으로 배향됨으로써, 상기 양친매성 분자가 공기과 물의 계면 상태에만 위치하여야 한다.
- <18> 상기 LB 트러프 이용 방법에는 나노박막을 형성하고자 하는 기판의 침지 방향이 상기 액체-기체 계면과 수직인가 수평인가에 따라서 랑뮈에-블라제 방법 (LB 방법) 또는 랑뮈에-셰퍼 (Langmuir-Shaeffer) 방법 (LS 방법)으로 분류되며, 도 2a 및 2b에는 각각 LB 방법 및 LS 방법에 대한 개략적인 공정 개요도를 도시하였다. 도 2a 및 2b에 도시된 LB 방법 및 LS 방법의 성공적인 수행을 위해서는, 이전되는 물질에 따라서, 트러프 내에 채워진 이전 대상 물질의 농도, 상기 농도 조절을 위한 적당한 유기 용매의 선택 및 트러프에 장착된 배리어 (barrier)를 사용한 계면 압력의 조절 등과 같은 사항들에 주의하여야 한다.
- <19> 한편, 오산화이바나듐 (V_2O_5) 나노선은 전기화학적 활성이 매우 우수하여 2차 전지의 활물질로 사용이 가능하며, 또한 촉매, 전자착색소자, 센서, 정전기방지 코팅용 소재 또는 반도체 나노회로 제작 등에도 활용이 가능하며, 고상법, 기상법 및 졸겔법 등과 같은 다양한 방법들에 의해서 제조가 가능하다. 또한, 금나노입자 (Au nanoparticle)는 그 입자의 크기나 형상에 따라서, 촉매, 화학 및 바이오센서, 광전소자, 광학소자, 반도체 나노회로 등과 같은 다양한 분야에서 이용되며, 최근 들어 그 응용분야 및 유용성이 날로 확대되는 추세에 있다.
- <20> 따라서, 상술한 오산화이바나듐 나노선 및 금나노입자를 상술한 미세접촉인쇄 방식 및 LB 트러프 이용 방법을 사용하여 다양한 재질의 기판 상에 고정밀도로 패터닝할 수 있는 경제적이고 효율적인 기술의 개발이 필요하다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

- <21> 본 발명이 이루고자 하는 첫 번째 기술적 과제는, 유연성 기판 (flexible substrate)을 포함하는 다양한 재질의 기판 상에 나노회로를 인쇄할 수 있고, 간단하고 신속하며 저렴한 방식으로 나노회로를 대면적으로 제작할 수 있는 오산화이바나듐 나노선 패턴 및 금나노입자 패턴을 포함하는 나노회로의 제조방법을 제공하는 것이다.
- <22> 또한, 본 발명이 이루고자 하는 두 번째 기술적 과제는, 상기 방법에 의해서 제조된 나노회로를 제공하는 것이다.

발명의 구성 및 작용

- <23> 본 발명은 상기 첫 번째 기술적 과제를 달성하기 위해서,
- <24> a) 오산화이바나듐 나노선 흡착 물질을 제1 고분자 스탬프의 패턴화된 표면에 도포한 후, 기판 상에 미세접촉인쇄 방식에 의해서 전이시키는 단계;
- <25> b) 상기 기판을 오산화이바나듐 나노선 용액에 침지시킴으로써 오산화이바나듐의 나노선 패턴을 제조하는 단계;
- <26> c) 금나노입자-양친매성 분자 복합체 용액을 물로 채워진 랑뮈에-블라제 트러프 (Langmuir-Blodgett trough)의

물-공기 계면에 도포하고, 상기 랑뮈에-블라제 트리프에 장착된 배리어 (barrier)를 사용하여 상기 금나노입자 용액의 계면 압력을 조정하는 단계;

- <27> d) 상기 랑뮈에-블라제 트리프의 침지 막대 (dipping arm)에 제2 고분자 스탬프를 고정한 다음, 상기 제2 고분자 스탬프의 패터화된 표면을 상기 금나노입자-양친매성 분자 복합체 용액의 표면과 접촉시킴으로써 금나노입자의 패터를 제조하는 단계; 및
- <28> e) 상기 금나노입자 패터를 상기 b) 단계의 오산화이바나듐 나노선 패터 상에 미세접촉인쇄 방식에 의해서 전이시키는 단계를 포함하는 오산화이바나듐 나노선 패터 및 금나노입자 패터를 포함하는 나노회로의 제조방법을 제공한다.
- <29> 본 발명의 바람직한 일 실시예에 따르면, 상기 오산화이바나듐 나노선 흡착 물질은 (3-아미노프로필)트리에톡시실란 용액, (3-아미노프로필)트리메톡시실란 용액, (3-아미노프로필)다이에톡시메틸실란 용액 및 그 혼합물로 이루어진 군으로부터 선택된 것이다.
- <30> 본 발명의 바람직한 다른 실시예에 따르면, 상기 (3-아미노프로필)트리에톡시실란 용액의 농도는 0.1mg/ml 내지 0.2mg/ml일 수 있다.
- <31> 본 발명의 바람직한 또 다른 실시예에 따르면, 상기 제1 고분자 스탬프 및 상기 제2 고분자 스탬프의 재질은 폴리디메틸실록산일 수 있다.
- <32> 본 발명의 바람직한 또 다른 실시예에 따르면, 상기 기판은 SiO_2 , 유연성 폴리카보네이트, 유연성 폴리에틸렌테레프탈레이트 및 유연성 폴리에틸렌이미드로 이루어진 군으로부터 선택된 재질의 기판이다.
- <33> 본 발명의 바람직한 또 다른 실시예에 따르면, 상기 오산화이바나듐 나노선 용액의 용매는 물, 에탄올, 메탄올 및 그 혼합물로 이루어진 군으로부터 선택된 것이며, 그 농도는 0.1mg/ml 내지 0.2mg/ml일 수 있다.
- <34> 본 발명의 바람직한 또 다른 실시예에 따르면, 상기 양친매성 분자는 옥탄티올, 도데칸티올, 헥사데칸티올 및 옥타데칸티올로 이루어진 군으로부터 선택된 것이다.
- <35> 본 발명의 바람직한 또 다른 실시예에 따르면, 상기 금나노입자-양친매성 분자 복합체 용액의 용매는 클로로포름, 톨루엔, 벤젠 및 그 혼합물로 이루어진 군으로부터 선택된 것이며, 그 농도는 0.2mg/ml 내지 0.5mg/ml일 수 있다.
- <36> 본 발명의 바람직한 또 다른 실시예에 따르면, 상기 c) 단계의 계면 압력은 15mN/m 내지 20mN/m로 조정될 수 있다.
- <37> 본 발명의 바람직한 또 다른 실시예에 따르면, 상기 d) 단계의 상기 제2 고분자 스탬프의 패터화된 표면과 상기 금나노입자-양친매성 분자 복합체 용액의 표면과의 접촉은 상기 제2 고분자 스탬프의 패터화된 표면과 상기 금나노입자-양친매성 분자 복합체 용액의 표면이 상호 평행하도록 접촉될 수 있다.
- <38> 본 발명의 바람직한 또 다른 실시예에 따르면, 상기 d) 단계의 상기 제2 고분자 스탬프의 패터화된 표면과 상기 금나노입자-양친매성 분자 복합체 용액의 표면과의 접촉은 상기 제2 고분자 스탬프의 패터화된 표면과 상기 금나노입자-양친매성 분자 복합체 용액의 표면이 상호 평행하도록 접촉될 수 있다.
- <39> 본 발명의 바람직한 또 다른 실시예에 따르면, 상기 d) 단계 이후에 상기 제2 고분자 스탬프의 패터화된 표면을 물 또는 에탄올로 세척하고, 상기 제2 고분자 스탬프의 패터화된 표면 상에 질소 가스를 불어주는 단계를 더 포함할 수 있다.
- <40> 본 발명의 바람직한 또 다른 실시예에 따르면, 상기 e) 단계 이후에 254nm 내지 198nm의 파장을 갖는 자외선을 조사하거나, 진공 중 160℃ 내지 170℃의 온도에서 100분 내지 120분 동안 가열하는 단계를 더 포함할 수 있다.
- <41> 또한, 본 발명은 상기 두 번째 기술적 과제를 달성하기 위해서,
- <42> 상기 방법에 의해서 제조된 오산화이바나듐 나노선 패터 및 금나노입자 패터를 포함하는 나노회로를 제공한다.
- <43> 본 발명에 따르면, 유연성 기판 (flexible substrate) 상에 나노회로를 인쇄할 수 있어서 이동성 및 휴대성이 양호한 미세전자소자를 제작할 수 있으며, 각종 다이오드, 트랜지스터 및 센서 등에 응용이 가능하고, 간단하고 신속하며 저렴한 방식으로 나노회로를 대면적으로 제작할 수 있다.
- <44> 이하, 본 발명을 더욱 상세하게 설명하기로 한다.

- <45> 본 발명에 따른 나노회로의 제조방법은, 오산화이바나듐 나노선 흡착 물질을 기판 상에 미세접촉인쇄 방식에 의해서 전이시키는 제1 단계; 오산화이바나듐의 나노선 패턴을 제조하는 제2 단계; 랑뮈에-블라제 트러프 (Langmuir-Blodgett trough)를 이용하여 금나노입자의 패턴을 제조하는 제3 단계; 및 금나노입자 패턴을 오산화이바나듐 나노선 패턴 상에 미세접촉인쇄 방식에 의해서 전이시키는 제4 단계를 포함한다.
- <46> 도 3a 내지 3d에는 상술한 4단계 공정이 개략적으로 도시되어 있다.
- <47> 도 3a를 참조하면, 오산화이바나듐 나노선 흡착 물질 (120)을 기판 (100) 상에 미세접촉인쇄 방식에 의해서 전이시키는 단계가 도시되어 있으며, 이는 오산화이바나듐 나노선 흡착 물질 (120)을 제1 고분자 스탬프 (110)의 패턴화된 표면에 도포한 후, 기판 (100) 상에 미세접촉인쇄 방식에 의해서 전이시킴으로써 수행된다.
- <48> 상기 오산화이바나듐 나노선 흡착 물질 (120)로는, 이에 제한되는 것은 아니지만, (3-아미노프로필)트리에톡시 실란 용액, (3-아미노프로필)트리메톡시실란 용액, (3-아미노프로필)다이에톡시메틸실란 용액 및 그 혼합물로 이루어진 군으로부터 선택된 것이 사용될 수 있고, 바람직하게는 (3-아미노프로필)트리에톡시 실란 용액이 사용될 수 있다. 이때, 오산화이바나듐 나노선 흡착 물질 (120)로서 (3-아미노프로필)트리에톡시 실란 용액이 사용되는 경우, 그 농도는 0.1mg/ml 내지 0.2mg/ml일 수 있다.
- <49> 또한, 상기 제1 고분자 스탬프 (110) 및 후술할 금나노입자 패턴의 제조에 사용될 제2 고분자 스탬프 (160)의 재질로는 당업계에서 미세접촉인쇄법 (microcontact printing)에서 스탬프로서 사용되기에 적합한 다양한 고분자 물질이 사용될 수 있으며, 바람직하게는 폴리디메틸실록산 (PDMS)일 수 있고, 오산화이바나듐 나노선 패턴 및 금나노입자의 패턴이 형성될 기판으로는 SiO_2 , 유연성 폴리카보네이트, 유연성 폴리에틸렌테레프탈레이트 및 유연성 폴리에틸렌이미드로 이루어진 군으로부터 선택된 재질의 기판이 사용될 수 있다.
- <50> 도 3a에 도시된 바와 같이 기판 (100) 상에 오산화이바나듐 나노선 흡착 물질 (120)의 패턴을 형성한 후에는 도 3b에 도시된 바와 같이 상기 기판을 오산화이바나듐 나노선 용액에 침지시킴으로써 오산화이바나듐의 나노선 패턴 (130)을 제조하는 단계를 수행한다.
- <51> 이는 오산화이바나듐 나노선 흡착 물질 (120)과 오산화이바나듐과의 친화성을 이용한 것으로서, 예를 들어, 오산화이바나듐 나노선 흡착 물질 (120)로서 (3-아미노프로필)트리에톡시 실란 용액을 사용하는 경우에, 오산화이바나듐은 산성 수용액에서 음전하를 나타내므로, 동일한 산성 수용액에서 양전하를 나타내는 (3-아미노프로필)트리에톡시 실란에 정전기적 인력에 의해서 흡착되게 된다. 따라서, 기판 (100)을 오산화이바나듐 나노선의 산성 수용액에 침지시키는 경우, 상기 도 3a 단계에서 기판 (100) 상에 형성된 (3-아미노프로필)트리에톡시 실란의 패턴에만 선택적으로 오산화이바나듐 나노선의 패턴 (130)이 형성되게 된다.
- <52> 바람직하게는, 상기 오산화이바나듐 나노선 흡착 물질 (120)과 상기 오산화이바나듐의 선택적 흡착을 가능케 하기 위한 상기 오산화이바나듐 나노선 용액의 용매로는 물, 에탄올, 메탄올 및 그 혼합물로 이루어진 군으로부터 선택된 것이 사용될 수 있으며, 그 농도는 0.1mg/ml 내지 0.2mg/ml일 수 있다.
- <53> 상술한 제1 단계 및 제2 단계의 수행에 의해서 오산화이바나듐 나노선의 패턴 (130)이 형성된 기판 (100)을 제조할 수 있게 되며, 따라서 후속 단계로서 상기 기판 (100) 상에 금나노입자의 패턴을 형성하는 단계를 수행하게 된다.
- <54> 금나노입자의 패턴이 형성된 제2 고분자 스탬프 (160)를 제조하기 위해서는 랑뮈에-블라제 트러프 (Langmuir-Blodgett trough) (140)가 사용되며, 이에 대한 개략적인 과정이 도 3c에 도시되어 있다.
- <55> 랑뮈에-블라제 트러프 (140)를 이용한 금나노입자의 패턴 형성에는 금나노입자-양친매성 분자 복합체의 용액 (150)이 사용된다. 이는, 양친매성 분자를 수면에 도포하였을 경우, 친수성 부분은 물에 잠기고 소수성 부분은 수면과 반대 방향으로 배향됨으로써 상기 양친매성 분자가 공기-물 계면에 분산되어 존재하게 되면, 분산된 양친매성 분자들이 공기-물 계면에서 단분자 박막을 형성하게 되고, 여기에 소수성 고분자 스탬프를 접촉시키면 양친매성 분자의 소수성 부분과 소수성 고분자 스탬프가 결합되는 원리를 이용한 것이다. 이때, 금나노입자는 양친매성 분자의 친수성 부분에 결합된 상태로 존재하며 금나노입자-양친매성 분자 형태의 복합체를 이루게 된다.
- <56> 금나노입자-양친매성 분자 복합체의 형성에 이용가능한 양친매성 분자로는, 이에 제한되는 것은 아니지만, 옥타티올, 도데칸티올, 헥사데칸티올 및 옥타데칸티올로 이루어진 군으로부터 선택된 것이 사용될 수 있고, 예를 들어 옥타티올이 양친매성 분자로 이용되는 경우, 상기 금나노입자-양친매성 분자는 옥타티올로 캡핑된 금나노입자

(octanethiol capped Au nanoparticles)일 수 있다.

- <57> 또한, 상기 금나노입자-양친매성 분자 복합체 용액 (150)을 제조하기 위한 용매로는 클로로포름, 톨루엔, 벤젠 및 그 혼합물로 이루어진 군으로부터 선택된 유기용매가 사용될 수 있으며, 이때 금나노입자-양친매성 분자의 용액 중 농도는 0.2mg/ml 내지 0.5mg/ml일 수 있다.
- <58> 상기 금나노입자-양친매성 분자 복합체 용액 (150)을 랑뮈에-블라제 트러프 (140) 내의 수면에 도포하기 위해서는, 고밀도의 균일한 도포를 보장하기 위해서 해밀토니안 주사기 (Hamiltonian syringe)를 사용하여 수행될 수 있다.
- <59> 또한, 도 3c에 도시된 바와 같이, 상기 금나노입자-양친매성 분자 복합체 용액 (150)을 랑뮈에-블라제 트러프 (Langmuir-Blodgett trough) (140)의 물-공기 계면에 도포한 다음에는, 상기 랑뮈에-블라제 트러프 (140)에 장착된 배리어 (barrier)를 사용하여 상기 금나노입자 용액의 계면 압력을 조정하는 단계가 수행되어야 하는데, 이는 고밀도의 단일층 금나노입자-양친매성 분자 복합체 용액을 물-공기 계면 상에 고르게 분포하도록 하기 위한 과정이다. 바람직하게는, 상기 계면 압력은 15mN/m 내지 20mN/m로 조정되는데, 계면 압력이 15mN/m 미만인 경우에는 물-공기 계면 상에 존재하는 금나노입자-양친매성 분자 복합체의 밀도가 낮아서 고밀도 박막을 제조할 수 없다는 문제점이 있고, 계면 압력이 20mN/m을 초과하는 경우에는 금나노입자-양친매성 분자 복합체층의 중첩으로 단일층 박막을 형성할 수 없다는 문제점이 있어서 바람직하지 않다.
- <60> 상술한 바와 같이, 랑뮈에-블라제 트러프 (140)에 장착된 배리어를 사용한 계면 압력의 조절이 이루어진 후에는, 상기 랑뮈에-블라제 트러프 (140)의 침지 막대 (dipping arm)에 제2 고분자 스탬프 (160)를 고정한 다음, 상기 제2 고분자 스탬프 (160)의 패턴화된 표면을 상기 금나노입자-양친매성 분자 복합체 용액 (150)의 표면과 접촉시킴으로써 금나노입자의 패턴을 제조하는 단계가 수행된다.
- <61> 이때, 양친매성 분자의 소수성 부분과 제2 고분자 스탬프 (160)와의 친화력에 의해서 물-공기 계면 상에 존재하던 양친매성 분자가 제2 고분자 스탬프 (160)로 이전되면, 상기 양친매성 분자의 친수성 부분에 결합된 금나노입자도 함께 제2 고분자 스탬프 (160)로 이전되게 된다.
- <62> 상기 접촉 단계는 상기 제2 고분자 스탬프 (160)의 평면과 상기 계면이 상호 평행하도록 수행될 수도 있고, 상호 수직이 되도록 수행될 수도 있으며, 전술한 바와 같이, 전자의 경우를 랑뮈에-블라제 방법 (LB 방법)이라 하고, 후자의 경우를 랑뮈에-셰퍼 (Langmuir-Shaeffer) 방법 (LS 방법)이라 한다.
- <63> 한편, 경우에 따라서는, 상기 금나노입자-양친매성 분자 복합체로 이루어진 잉크가 도포된 제2 고분자 스탬프 (160)를 미세접촉인쇄 방식에 의해서 전이시키기 이전에, 상기 제2 고분자 스탬프 (160)의 패턴화된 표면을 물 또는 에탄올로 세척하고, 상기 제2 고분자 스탬프 (160)의 패턴화된 표면 상에 질소 가스를 불어주는 단계를 더 수행할 수도 있다. 이는, 패턴 영역 외의 금나노입자-양친매성 분자 복합체를 제거함으로써 더욱 정밀도가 높은 패턴을 얻기 위함이다.
- <64> 다음으로, 도 3c에 도시된 과정에 의해서 제조된 금나노입자-양친매성 분자 복합체로 이루어진 잉크가 도포된 제2 고분자 스탬프 (160)를, 도 3b에서 제조된 기관 (100) 상의 오산화이바나듐 나노선 패턴 (130) 위에 미세접촉인쇄 방식에 의해서 전이시킴으로써 본 발명에 따른 나노회로 (170)를 제작할 수 있게 되며, 이러한 과정을 도 3d에 도시하였다.
- <65> 또한, 도 3d에 도시된 미세접촉인쇄 과정 이후에 패턴이 인쇄된 기관 (100)에 대해서 자외선을 조사하거나 가열하는 단계가 수행될 수도 있는데, 이를 포스트-어닐링 (post annealing)이라 하며, 이러한 포스트-어닐링 과정에 의해서 패턴의 전기 전도도가 크게 향상될 수 있다. 포스트-어닐링 과정에서, 자외선은 254nm 내지 198nm의 파장을 갖는 것일 수 있으며, 가열은 진공 중 160℃ 내지 170℃의 온도에서 100분 내지 120분 동안 수행될 수 있다.
- <66> 또한, 본 발명은 상기 두 번째 기술적 과제를 달성하기 위해서, 상기 방법에 의해서 제조된 오산화이바나듐 나노선 패턴 및 금나노입자 패턴을 포함하는 나노회로를 제공한다.
- <67> 본 발명에 따른 나노회로는 유연성 기관 (flexible substrate) 상에 인쇄될 수 있어서 이동성 및 휴대성이 양호한 미세전자소자를 제작할 수 있으며, 각종 다이오드, 트랜지스터 및 센서 등에도 응용이 가능하고, 간단하고 신속하며 저렴한 방식으로 대면적화가 가능하다.
- <68> 이하, 실시예를 통하여 본 발명을 더욱 구체적으로 설명하기로 하되, 하기 실시예는 본 발명의 이해를 돕기 위

한 것일 뿐, 본 발명의 범위를 제한하는 것으로 해석되어서는 아니될 것이다.

<69> 실시예 1. 본 발명에 따른 나노회로의 제조

<70> 실시예 1-1. 오산화이바나듐 나노선 패턴의 제조

<71> 실리콘 마스터 기판 위에 폴리디메틸실록산 고분자와 경화제를 붓고 70℃ 오븐에서 1시간 가열하여 16 μ m의 선이 4 μ m 간격으로 나열되어 있는 제1 스탬프와 6 μ m의 선이 4 μ m 간격으로 나열되어 있는 제2 스탬프를 제작하였다. 상기 제1 스탬프를 (3-아미노프로필)트리에톡시실란 용액 0.1mg/ml 수용액에 담그고 1분 후에 꺼내서 질소기체로 불어 주었다. 이어서, 상기 제1 스탬프를 SiO₂ 기판 위에 접촉시키고 30초 후, 떼어내었다. 해당 기판을 오산화이바나듐 0.2mg/ml 수용액에 넣고 3시간 후에 꺼내서 물로 세척하였다. 원자력 현미경 (Atomic Force Microscopy, XEI-100, PSIA)을 이용하여 오산화이바나듐 나노선 패턴이 형성된 기판의 표면을 관찰하였으며, 그 결과를 도 4a에 도시하였다.

<72> 실시예 1-2. 오산화이바나듐 나노선 패턴 및 금나노입자 패턴을 포함하는 나노회로의 제조

<73> 랑뮈에-블라제 트러프 (KSV 2000)에 물을 채우고, 물 위에 금나노입자 0.5 mg/ml을 포함하는 클로로포름 용액을 500 μ l만큼 도포한 다음, 1시간 정도 용매를 증발시킨 후 배리어를 압축시켰다. 계면 압력이 15mN/m가 되면 배리어를 멈추고 제2 스탬프를 금나노입자-양친매성 분자 복합체 용액의 표면과 접촉시켜서 금나노입자 패턴이 형성된 제2 스탬프를 제조하였다. 이어서, 상기 제2 스탬프를 실시예 1-1에서 제조된 오산화이바나듐 패턴이 형성된 SiO₂ 기판 위에 90° 돌려서 접촉시켰다. 상기 제2 스탬프를 떼어내고 원자력 현미경을 이용하여 기판의 표면을 관찰하였으며, 그 결과를 도 4b에 도시하였다.

<74> 한편, 나노회로 패턴이 인쇄된 기판에 대한 자외선 조사의 효과를 알아보기 위해서, 상기 금나노입자 패턴이 형성된 제2 스탬프를 별도의 SiO₂ 기판 위에 접촉시키고 30초 후, 떼어내었으며, 30분 동안 254nm의 자외선을 조사하였다. 도 5a 및 5b에는 자외선 조사 전과 조사 후의 금나노입자 패턴의 모습을 원자력 현미경을 이용하여 관찰한 결과를 각각 도시하였다. 도 5a 및 5b를 참조하면 이러한 자외선 조사 처리는 금나노입자 패턴의 라인 높이 약 8nm 정도에서 3nm 정도로 감소시킨다는 사실을 알 수 있으며, 이는 금나노입자들의 응집 (coagulation) 현상에 기인한 것으로 추측된다.

<75> 금나노입자들의 응집 현상에 기인한 전기 전도도 향상의 정도를 측정하기 위해서, 자외선 조사 전후의 전기 전도도를 측정 (측정 장치: Probe station, HP, 4140B)하였으며, 그 결과를 도 6에 도시하였다. 도 6을 참조하면, 자외선 조사 처리에 의해서 금나노입자 패턴의 전기 전도도가 향상된 사실을 알 수 있다.

발명의 효과

<76> 본 발명에 따르면, 유연성 기판 (flexible substrate) 상에 나노회로를 인쇄할 수 있어서 이동성 및 휴대성이 양호한 미세전자소자를 제작할 수 있으며, 각종 다이오드, 트랜지스터 및 센서 등에 응용이 가능하고, 간단하고 신속하며 저렴한 방식으로 나노회로를 대면적으로 제작할 수 있다.

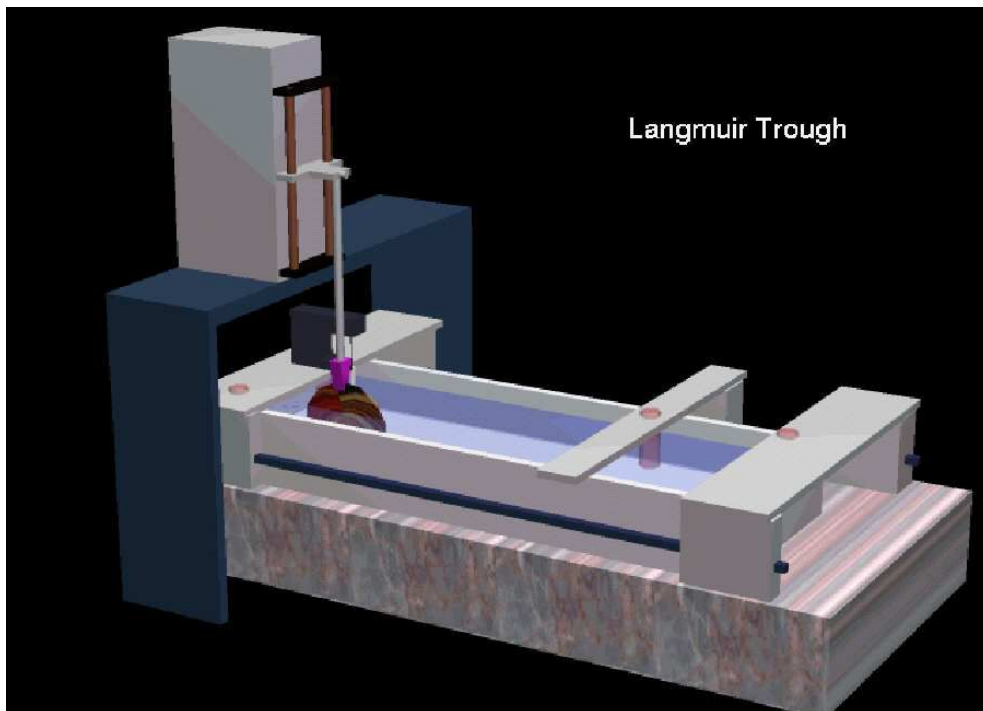
도면의 간단한 설명

- <1> 도 1은 종래 통상적인 랑뮈에-블라제 트러프에 대한 개요도이다.
- <2> 도 2a 및 2b는 각각 종래 통상적인 LB 방법 및 LS 방법에 대한 개략적인 공정 개요도이다.
- <3> 도 3a 내지 3d는 본 발명에 따른 나노회로의 제조방법에 대한 개략적인 공정도이다.
- <4> 도 4a는 오산화이바나듐 나노선 패턴이 형성된 기판의 표면을 원자력 현미경을 이용하여 관찰한 결과를 도시한 도면이고, 도 4b는 도 4a에 도시된 오산화이바나듐 나노선 패턴이 형성된 기판의 표면에 금나노입자 패턴을 형성한 후의 기판의 표면을 원자력 현미경을 이용하여 관찰한 결과를 도시한 도면이다.
- <5> 도 5a 및 5b는 자외선 조사 전과 조사 후의 별도의 기판 상에 형성된 금나노입자 패턴의 모습을 원자력 현미경을 이용하여 관찰한 결과를 각각 도시한 도면이다.
- <6> 도 6은 자외선 조사 전과 조사 후의 별도의 기판 상에 형성된 금나노입자 패턴의 전기 전도도를 측정한 결과를 도시한 그래프이다.
- <7> <도면 부호에 대한 설명>

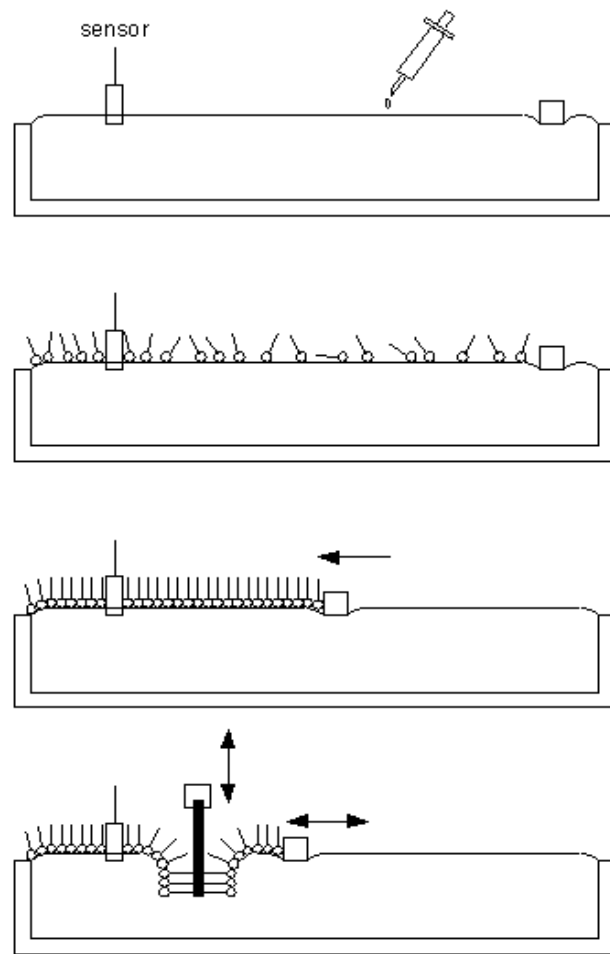
- <8> 100: 기판 110: 제1 고분자 스탬프
- <9> 120: 오산화이바나듐 나노선 흡착 물질
- <10> 130: 오산화이바나듐 나노선 패턴
- <11> 140: 랑뮈에-블라제 트러프
- <12> 150: 금나노입자-양친매성 분자 복합체 용액
- <13> 160: 제2 고분자 스탬프 170: 나노회로

도면

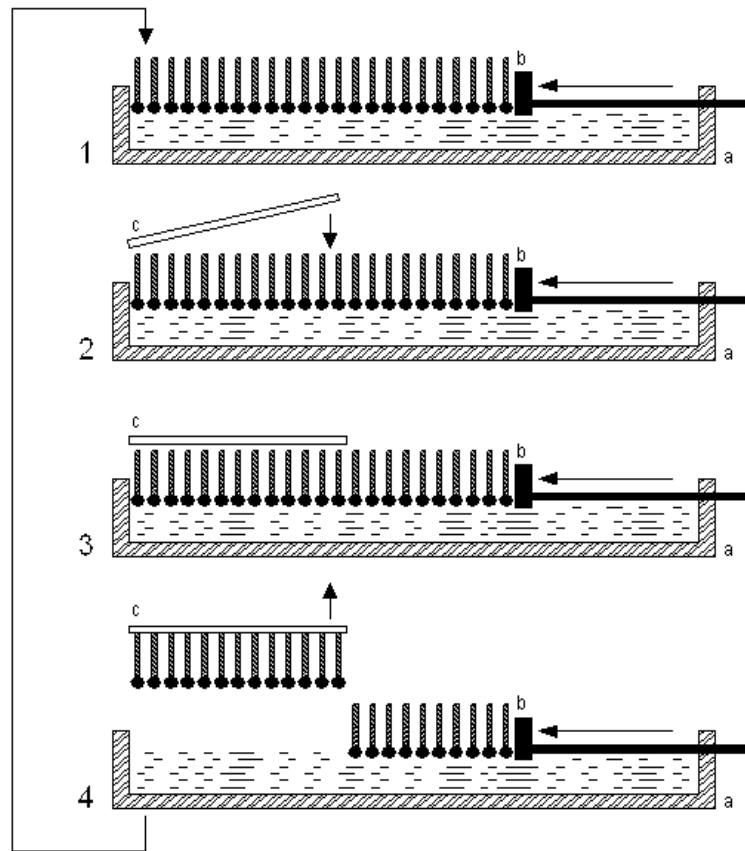
도면1



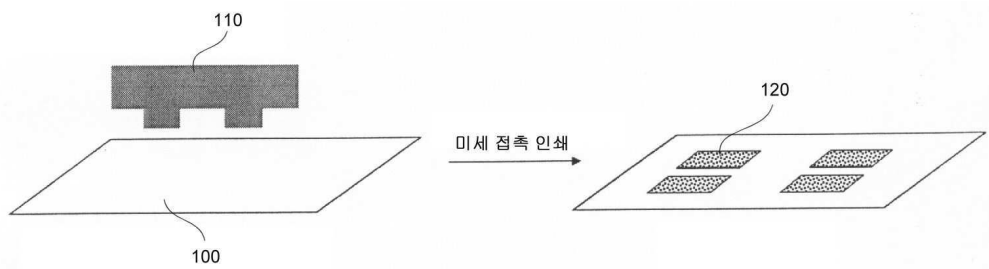
도면2a



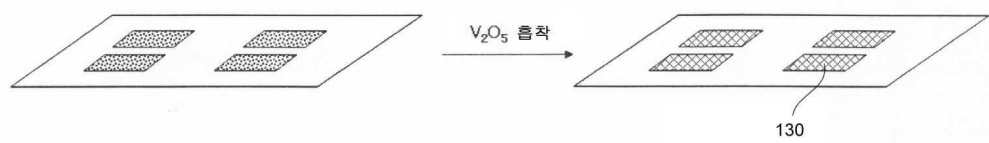
도면2b



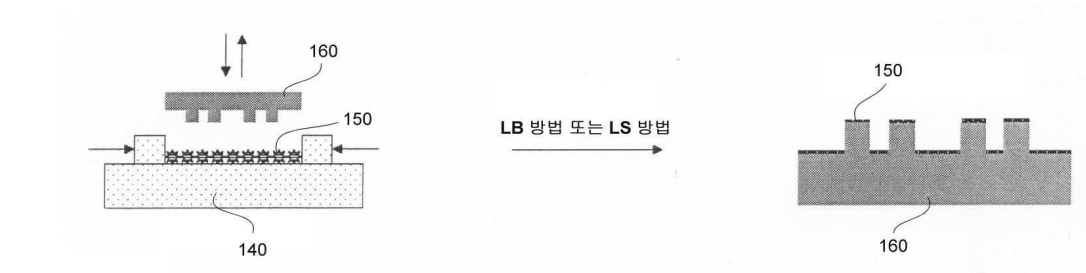
도면3a



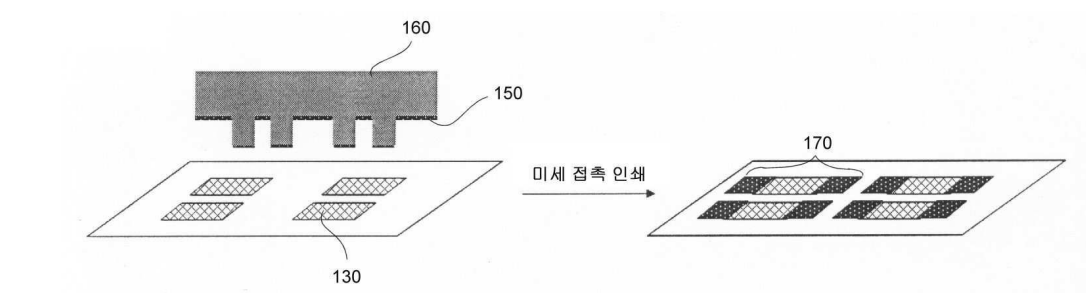
도면3b



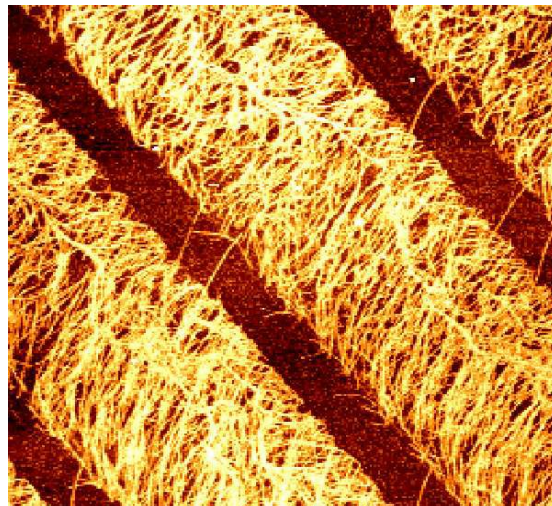
도면3c



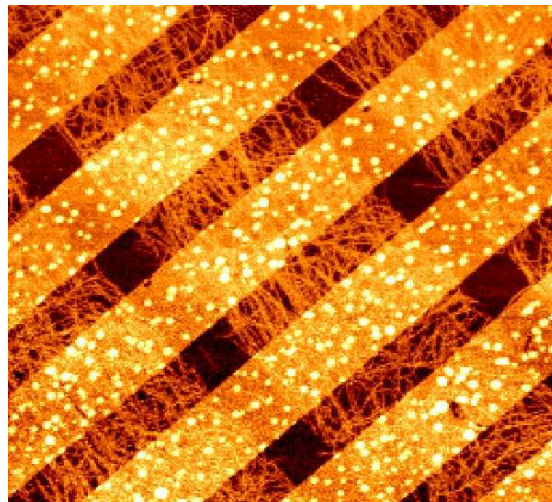
도면3d



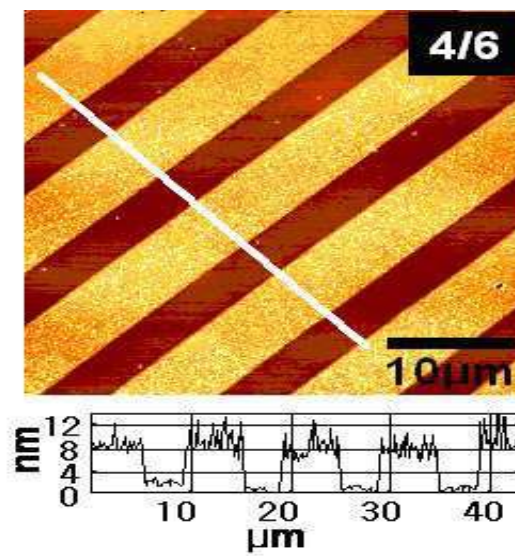
도면4a



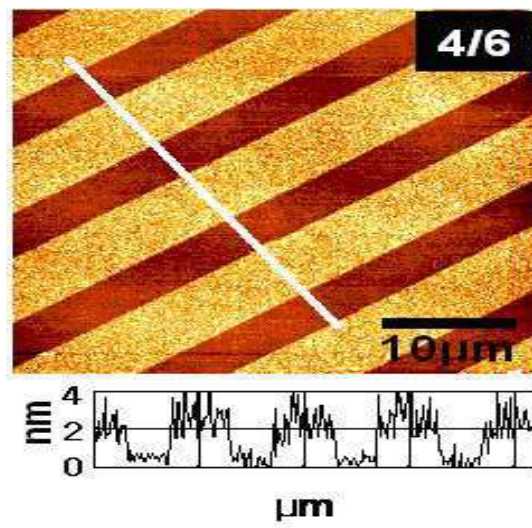
도면4b



도면5a



도면5b



도면6

