



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2009-0069082
(43) 공개일자 2009년06월29일

(51) Int. Cl.

B82B 3/00 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2007-0136928

(22) 출원일자 2007년12월24일

심사청구일자 2007년12월24일

(71) 출원인

고려대학교 산학협력단

서울 성북구 안암동5가1 고려대학교 내

(72) 발명자

박재현

울산 남구 달동 1330-1 삼산선경아파트 1동 1701호

하정숙

서울 노원구 월계동 우남아파트 101동 2203호

김용관

서울 성북구 안암동3가 29번지 2층

(74) 대리인

현중철

전체 청구항 수 : 총 19 항

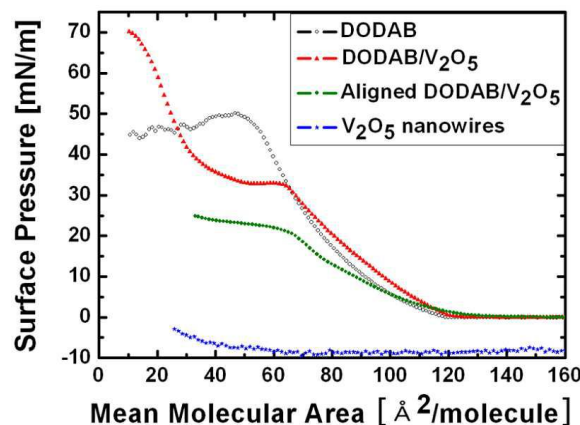
(54) 정렬도가 향상된 오산화이바나듐 나노선 박막의 제조방법 및 그로부터 제조된 오산화이바나듐 나노선 박막

(57) 요약

본 발명은 정렬도가 향상된 오산화이바나듐 나노선 박막의 제조방법 및 그로부터 제조된 오산화이바나듐 나노선 박막에 관한 것으로서, 더욱 구체적으로는, a) 졸-겔(sol-gel) 방법에 의해서 오산화이바나듐 나노선(V_2O_5 nanowire) 용액을 제조하는 단계; b) 상기 오산화이바나듐 나노선 용액을 물에 희석시키고, 랑뮈에-블라제 트러프(Langmuir-Blodgett trough)에 투입하는 단계; c) 상기 오산화이바나듐 나노선 희석 수용액에 할로젠화 디옥타데실디메틸암모늄 용액의 분산을 용이하게 하기 위한 분산제를 첨가하는 단계; d) 할로젠화 디옥타데실디메틸암모늄 용액을 유기 용매에 희석시킨 다음, 이를 상기 랑뮈에-블라제 트러프의 오산화이바나듐 나노선 희석 수용액 표면 상에 도포하고 방치하는 단계; e) 상기 랑뮈에-블라제 트러프에 장착된 배리어(barrier)를 사용하여 상기 할로젠화 디옥타데실디메틸암모늄 용액의 계면 압력을 조정하는 단계; f) 상기 랑뮈에-블라제 트러프의 침지막대(dipping arm)에 기관을 고정한 다음, 상기 기관을 상기 할로젠화 디옥타데실디메틸암모늄 용액의 계면과 접촉시키는 단계; 및 g) 상기 기관을 상기 침지막대로부터 분리하는 단계를 포함하는 정렬도가 향상된 오산화이바나듐 나노선 박막의 제조방법 및 그로부터 제조된 오산화이바나듐 나노선 박막에 관한 것이다.

본 발명에 따르면, 졸-겔 합성법에 의해서 오산화이바나듐 나노선 박막을 제조하는 과정에 있어서, 나노선의 정렬도를 획기적으로 향상시킬 수 있을 뿐만 아니라, 사후 세척 공정을 생략할 수 있어서 공정 단순화를 도모할 수 있으며, 제조된 나노선의 길이를 간편하게 재단할 수 있어서, 이를 이용하여 제조된 소자 특성의 재현성 확보 및 소자 특성 향상을 달성할 수 있다. 또한, 제조된 나노선 소자는 우수한 특성 및 재현성을 구비하므로, 전계 효과 트랜지스터(Field Effect Transistor) 및 각종 센서의 제작 등에 광범위하게 활용될 수 있다.

대표도 - 도4



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 R0A-2007-000-20102-0

부처명 과학기술부

연구사업명 국가지정연구실사업

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

주관기관 고려대학교

연구기간 2007년 07월01일 ~ 2012년 06월 30일

특허청구의 범위

청구항 1

- a) 졸-겔 (sol-gel) 방법에 의해서 오산화이바나듐 나노선 (V_2O_5 nanowire) 용액을 제조하는 단계;
 - b) 상기 오산화이바나듐 나노선 용액을 물에 희석시키고, 랑뮈에-블라제 트러프 (Langmuir-Blodgett trough)에 투입하는 단계;
 - c) 상기 오산화이바나듐 나노선 희석 수용액에 할로젠화 디옥타데실디메틸암모늄 용액의 분산을 용이하게 하기 위한 분산제를 첨가하는 단계;
 - d) 할로젠화 디옥타데실디메틸암모늄 용액을 유기 용매에 희석시킨 다음, 이를 상기 랑뮈에-블라제 트러프의 오산화이바나듐 나노선 희석 수용액 표면 상에 도포하고 방치하는 단계;
 - e) 상기 랑뮈에-블라제 트러프에 장착된 배리어 (barrier)를 사용하여 상기 할로젠화 디옥타데실디메틸암모늄 용액의 계면 압력을 조정하는 단계;
 - f) 상기 랑뮈에-블라제 트러프의 침지 막대 (dipping arm)에 기관을 고정 한 다음, 상기 기관을 상기 할로젠화 디옥타데실디메틸암모늄 용액의 계면과 접촉시키는 단계; 및
 - g) 상기 기관을 상기 침지 막대로부터 분리하는 단계를 포함하는,
- 정렬도가 향상된 오산화이바나듐 나노선 박막의 제조방법.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 c) 단계의 분산제는 에탄올, 메탄올, 아세톤 및 그 혼합물로 이루어진 군으로부터 선택되는 것을 특징으로 하는 정렬도가 향상된 오산화이바나듐 나노선 박막의 제조방법.

청구항 3

제1항에 있어서, 상기 c) 단계의 분산제의 첨가량은 상기 오산화이바나듐 나노선 희석 수용액 100 부피부에 대해서 0.06 부피부 내지 20 부피부인 것을 특징으로 하는 정렬도가 향상된 오산화이바나듐 나노선 박막의 제조방법.

청구항 4

제1항에 있어서, 상기 b) 단계의 희석 오산화이바나듐 나노선 용액은 상기 졸-겔 방법에 의해서 제조된 오산화이바나듐 나노선 1ml에 대해서 물 200ml 내지 2000ml를 혼합한 수용액인 것을 특징으로 하는 정렬도가 향상된 오산화이바나듐 나노선 박막의 제조방법.

청구항 5

제1항에 있어서, 상기 할로젠화 디옥타데실디메틸암모늄은 염화 디옥타데실디메틸암모늄, 브롬화 디옥타데실디메틸암모늄 또는 요오드화 디옥타데실디메틸암모늄인 것을 특징으로 하는 정렬도가 향상된 오산화이바나듐 나노선 박막의 제조방법.

청구항 6

제1항에 있어서, 상기 d) 단계의 유기 용매는 클로로포름, 클로로벤젠, 디클로로벤젠 및 그 혼합물로 이루어진 군으로부터 선택되는 것을 특징으로 하는 정렬도가 향상된 오산화이바나듐 나노선 박막의 제조방법.

청구항 7

제1항에 있어서, 상기 d) 단계의 희석 할로젠화 디옥타데실디메틸암모늄 용액의 농도는 0.05 mg/ml 내지 10mg/ml인 것을 특징으로 하는 정렬도가 향상된 오산화이바나듐 나노선 박막의 제조방법.

청구항 8

제1항에 있어서, 상기 d) 단계의 도포는 해밀토니안 주사기 (Hamiltonian syringe)를 사용하여 수행되는 것을

특징으로 하는 정렬도가 향상된 오산화이바나듐 나노선 박막의 제조방법.

청구항 9

제1항에 있어서, 상기 e) 단계의 계면 압력은 25 mN/m 내지 40 mN/m로 조정되는 것을 특징으로 하는 정렬도가 향상된 오산화이바나듐 나노선 박막의 제조방법.

청구항 10

제1항에 있어서, 상기 f) 단계의 기판은 그 표면이 패터화된 폴리머 스탬프임을 특징으로 하는 정렬도가 향상된 오산화이바나듐 나노선 박막의 제조방법.

청구항 11

제10항에 있어서, 상기 폴리머는 폴리디메틸실록산인 것을 특징으로 하는 정렬도가 향상된 오산화이바나듐 나노선 박막의 제조방법.

청구항 12

제1항에 있어서, 상기 기판과 상기 할로겐화 디옥타데실디메틸암모늄 용액의 계면과의 접촉은 상기 기판의 평면과 상기 할로겐화 디옥타데실디메틸암모늄 용액의 계면이 상호 평행하도록 접촉시키는 것을 특징으로 하는 정렬도가 향상된 오산화이바나듐 나노선 박막의 제조방법.

청구항 13

제1항에 있어서, 상기 기판과 상기 할로겐화 디옥타데실디메틸암모늄 용액의 계면과의 접촉은 상기 기판의 평면과 상기 할로겐화 디옥타데실디메틸암모늄 용액의 계면이 상호 수직하도록 접촉시키는 것을 특징으로 하는 정렬도가 향상된 오산화이바나듐 나노선 박막의 제조방법.

청구항 14

제13항에 있어서, 상기 기판의 평면과 상기 할로겐화 디옥타데실디메틸암모늄 용액의 계면 사이의 수직 접촉 이후에, 상기 배리어를 최대로 개방한 후 상기 기판을 상기 할로겐화 디옥타데실디메틸암모늄 용액으로부터 분리시키는 것을 특징으로 하는 정렬도가 향상된 오산화이바나듐 나노선 박막의 제조방법.

청구항 15

제14항에 있어서, 상기 배리어를 개방하기 이전에 상기 할로겐화 디옥타데실디메틸암모늄 용액의 계면에 거즈를 덮어서 상기 할로겐화 디옥타데실디메틸암모늄 용액과 공기 사이의 계면에 존재하는 할로겐화 디옥타데실디메틸암모늄 박막을 제거하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 정렬도가 향상된 오산화이바나듐 나노선 박막의 제조방법.

청구항 16

제8항에 있어서, 상기 f) 단계 이후에 상기 스탬프를 물 또는 에탄올로 세척하고, 상기 스탬프 표면 상에 질소 가스를 불어주는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 정렬도가 향상된 오산화이바나듐 나노선 박막의 제조방법.

청구항 17

제1항에 있어서, 상기 g) 단계 이후에 60℃ 내지 70℃의 온도에서 3분 내지 10분 동안 가열하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 정렬도가 향상된 오산화이바나듐 나노선 박막의 제조방법.

청구항 18

제10항에 있어서, 상기 패터화된 폴리머층의 표면 상에 결합된 오산화이바나듐 나노선 박막을 상기 스탬프와는 다른 기판 상에 미세접촉 프린팅 (micro-contact printing) 방법에 의해서 전이시키는 것을 특징으로 하는 정렬도가 향상된 오산화이바나듐 나노선 박막의 제조방법.

청구항 19

제1항 내지 제18항 중의 어느 한 항에 따른 방법에 의해서 제조된 정렬도가 향상된 오산화이바나듐 나노선 박막.

명세서

발명의 상세한 설명

기술분야

- <1> 본 발명은 정렬도가 향상된 오산화이바나듐 나노선 박막의 제조방법 및 그로부터 제조된 오산화이바나듐 나노선 박막에 관한 것으로서, 더욱 구체적으로는 졸-겔 합성법에 의해서 오산화이바나듐 나노선 박막을 제조하는 과정에 있어서, 나노선의 정렬도를 획기적으로 향상시킬 수 있을 뿐만 아니라, 사후 세척 공정을 생략할 수 있어서 공정 단순화를 도모할 수 있으며, 제조된 나노선의 길이를 간편하게 재단할 수 있어서, 이를 이용하여 제조된 소자 특성의 재현성 확보 및 소자 특성 향상을 달성할 수 있는 정렬도가 향상된 오산화이바나듐 나노선 박막의 제조방법 및 그로부터 제조된 오산화이바나듐 나노선 박막에 관한 것이다.

배경기술

- <2> 오산화이바나듐 (V_2O_5) 입자는 전기화학적 활성이 매우 우수하여 2차 전지의 활물질로 사용이 가능하며, 또한 나노사이즈의 오산화이바나듐은 촉매, 전자착색소자, 센서, 정전기방지 코팅용 소재 또는 반도체 회로의 나노 도선 제작 등에도 활용이 가능하다. 종래에 이러한 오산화이바나듐 입자는 고상법, 기상법 및 졸겔법 등과 같은 다양한 방법들에 의해서 제조하였으며, 고상법은 암모늄 바나데이트를 열분해하여 오산화이바나듐 입자를 제조하는 방법으로서, 제조가 용이하나 얻어진 입자의 형상이 불규칙적이고 그 크기가 수 마이크로미터 이상으로서 매우 크다는 단점이 있다. 또한, 기상법은 레이저 또는 플라즈마와 같은 열원을 사용한 합성 방법으로서, 제조공정의 제어가 어렵고 비경제적이라는 단점이 있다. 이에 반해서, 졸겔법은 소정의 용매에 오산화이바나듐 분말을 용해시켜서 졸 상태의 오산화이바나듐 용액을 제조하는 과정을 통해서 나노사이즈의 판상 또는 리본상의 오산화이바나듐 입자를 제조하는 방법으로서, 경제적이며 제조가 용이하고 나노사이즈의 미세한 오산화이바나듐 나노선 (nanowire)을 제조할 수 있다는 장점을 갖는다. 또 다른 졸겔법으로서, 암모늄(메타)바나데이트 (ammonium(meta)vanadate), 소정량의 산 이온 교환 레진 (acidic ion exchange resin) 및 증류수를 섞는 방법에 의해서도 나노사이즈의 미세한 오산화바나듐 나노선을 제작할 수 있다.
- <3> 한편, 본 발명자들은 랑뮈에-블라제 트러프 (Langmuir-Blodgett trough; LB trough)를 이용하여 오산화이바나듐 나노선 박막을 제조하는 방법을 개발한 바 있으며 (대한민국 특허출원번호 제2006-130474호 참조), 상기 방법에 따르면 오산화이바나듐 나노선 용액 및 할로젠화 디옥타데실디메틸암모늄 용액을 사용하여 균일하고 밀도가 높은 오산화이바나듐 나노선 박막을 제조할 수 있다. 그러나, 이러한 방법에 의해서 제조된 고균일, 고밀도의 오산화이바나듐 나노선 박막을 사용하여 고정밀 소자를 제작하기 위해서는 소자 특성 및 재현성을 더욱 향상시킬 필요성이 있다.
- <4> 기존의 열화학 증착법 (thermal Chemical Vapor Deposition; thermal CVD), RF 플라즈마 CVD, 마이크로파 플라즈마 CVD, DC 플라즈마 CVD, 변형 촉매 CVD, 아크 방전, 레이저 증착, 열분해, 기상 성장법 등과 같은 나노선 제조방법들에서는 기관에 나노선을 성장시키고 동시에 이를 정렬시키거나, 나노선에 캡핑 (capping)시킨 후 랑뮈에-블라제 시스템의 배리어를 이용한 화학흡착에 의해서 나노선을 강제로 정렬시키는 방법 등을 사용하였다.
- <5> 그러나, 상술한 방법들은 나노선 정렬 자체가 용이하지 않고, 정렬된 나노선을 다른 기관으로 전이하기도 어려울 뿐더러, 원하는 길이의 나노선 재단도 쉽지 않다는 문제점들이 있었다. 또한, 졸-겔 합성법으로 대량생산된 나노선의 정렬에는 응용이 불가능하고, 캡핑 물질을 이용한 화학흡착 방식은 나노선의 전기적 특성을 크게 변화시킬 수 있으며, 배리어의 물리적 힘에 의존하기 때문에 이러한 방법을 사용하기 위해서는 나노선의 직경이 크고, 소정의 경직성을 지녀야 하며, 중횡비가 커야한다는 등의 여러 가지 제한사항들을 지니고 있었다.

발명의 내용

해결하고자 하는 과제

- <6> 따라서, 본 발명이 이루고자 하는 첫 번째 기술적 과제는, 졸-겔 합성법에 의해서 오산화이바나듐 나노선 박막을 제조하는 과정에 있어서, 나노선의 정렬도를 획기적으로 향상시킬 수 있을 뿐만 아니라, 사후 세척 공정을

생략할 수 있어서 공정 단순화를 도모할 수 있으며, 제조된 나노선의 길이를 간편하게 재단할 수 있는 정렬도가 향상된 오산화이바나듐 나노선 박막의 제조방법을 제공하는 것이다.

<7> 또한, 본 발명이 이루고자 하는 두 번째 기술적 과제는, 상기 방법에 의해서 제조됨으로써 우수한 특성 및 재현성을 구비하며, 전계 효과 트랜지스터 (Field Effect Transistor) 및 각종 센서의 제작 등에 광범위하게 활용될 수 있는 정렬도가 향상된 오산화이바나듐 나노선 박막을 제공하는 것이다.

과제 해결수단

<8> 본 발명은 상기 첫 번째 기술적 과제를 달성하기 위해서,

<9> a) 졸-겔 (sol-gel) 방법에 의해서 오산화이바나듐 나노선 (V_2O_5 nanowire) 용액을 제조하는 단계;

<10> b) 상기 오산화이바나듐 나노선 용액을 물에 희석시키고, 랑뮈에-블라제 트러프 (Langmuir-Blodgett trough)에 투입하는 단계;

<11> c) 상기 오산화이바나듐 나노선 희석 수용액에 할로젠화 디옥타데실디메틸암모늄 용액의 분산을 용이하게 하기 위한 분산제를 첨가하는 단계;

<12> d) 할로젠화 디옥타데실디메틸암모늄 용액을 유기 용매에 희석시킨 다음, 이를 상기 랑뮈에-블라제 트러프의 오산화이바나듐 나노선 희석 수용액 표면 상에 도포하고 방치하는 단계;

<13> e) 상기 랑뮈에-블라제 트러프에 장착된 배리어 (barrier)를 사용하여 상기 할로젠화 디옥타데실디메틸암모늄 용액의 계면 압력을 조정하는 단계;

<14> f) 상기 랑뮈에-블라제 트러프의 침지 막대 (dipping arm)에 기판을 고정한 다음, 상기 기판을 상기 할로젠화 디옥타데실디메틸암모늄 용액의 계면과 접촉시키는 단계; 및

<15> g) 상기 기판을 상기 침지 막대로부터 분리하는 단계를 포함하는,

<16> 정렬도가 향상된 오산화이바나듐 나노선 박막의 제조방법을 제공한다.

<17> 본 발명의 바람직한 일 실시예에 따르면, 상기 c) 단계의 분산제는 에탄올, 메탄올, 아세톤 및 그 혼합물로 이루어진 군으로부터 선택될 수 있다.

<18> 본 발명의 바람직한 다른 실시예에 따르면, 상기 c) 단계의 분산제의 첨가량은 상기 오산화이바나듐 나노선 희석 수용액 100 부피부에 대해서 0.06 부피부 내지 20 부피부일 수 있다.

<19> 본 발명의 바람직한 또 다른 실시예에 따르면, 상기 b) 단계의 희석 오산화이바나듐 나노선 용액은 상기 졸-겔 방법에 의해서 제조된 오산화이바나듐 나노선 1ml에 대해서 물 200ml 내지 2000ml를 혼합한 수용액일 수 있다.

<20> 본 발명의 바람직한 또 다른 실시예에 따르면, 상기 할로젠화 디옥타데실디메틸암모늄은 염화 디옥타데실디메틸암모늄, 브롬화 디옥타데실디메틸암모늄 또는 요오드화 디옥타데실디메틸암모늄일 수 있다.

<21> 본 발명의 바람직한 또 다른 실시예에 따르면, 상기 d) 단계의 유기 용매는 클로로포름, 클로로벤젠, 디클로로벤젠 및 그 혼합물로 이루어진 군으로부터 선택될 수 있다.

<22> 본 발명의 바람직한 또 다른 실시예에 따르면, 상기 d) 단계의 희석 할로젠화 디옥타데실디메틸암모늄 용액의 농도는 0.05 mg/ml 내지 10mg/ml일 수 있다.

<23> 본 발명의 바람직한 또 다른 실시예에 따르면, 상기 d) 단계의 도포는 해밀토니안 주사기 (Hamiltonian syringe)를 사용하여 수행될 수 있다.

<24> 본 발명의 바람직한 또 다른 실시예에 따르면, 상기 e) 단계의 계면 압력은 25 mN/m 내지 40 mN/m로 조정될 수 있다.

<25> 본 발명의 바람직한 또 다른 실시예에 따르면, 상기 f) 단계의 기판은 그 표면에 패터화된 폴리머층이 적층된 스탬프일 수 있다.

<26> 본 발명의 바람직한 또 다른 실시예에 따르면, 상기 폴리머는 폴리디메틸실록산일 수 있다.

<27> 본 발명의 바람직한 또 다른 실시예에 따르면, 상기 기판과 상기 할로젠화 디옥타데실디메틸암모늄 용액의 계면과의 접촉은 상기 기판의 평면과 상기 할로젠화 디옥타데실디메틸암모늄 용액의 계면이 상호 평행하도록 접촉시

킬 수 있다.

- <28> 본 발명의 바람직한 또 다른 실시예에 따르면, 상기 기관과 상기 할로젠화 디옥타데실디메틸암모늄 용액의 계면과의 접촉은 상기 기관의 평면과 상기 할로젠화 디옥타데실디메틸암모늄 용액의 계면이 상호 수직하도록 접촉시킬 수 있다.
- <29> 본 발명의 바람직한 또 다른 실시예에 따르면, 상기 기관의 평면과 상기 할로젠화 디옥타데실디메틸암모늄 용액의 계면 사이의 수직 접촉 이후에, 상기 배리어를 최대로 개방한 후 상기 기관을 상기 할로젠화 디옥타데실디메틸암모늄 용액으로부터 분리시킬 수 있다.
- <30> 본 발명의 바람직한 또 다른 실시예에 따르면, 상기 배리어를 개방하기 이전에 상기 할로젠화 디옥타데실디메틸암모늄 용액의 계면에 거즈를 덮어서 상기 할로젠화 디옥타데실디메틸암모늄 용액과 공기 사이의 계면에 존재하는 할로젠화 디옥타데실디메틸 암모늄 박막을 제거하는 단계를 더 포함할 수도 있다.
- <31> 본 발명의 바람직한 또 다른 실시예에 따르면, 상기 f) 단계 이후에 상기 스탬프를 물 또는 에탄올로 세척하고, 상기 스탬프 표면 상에 질소 가스를 불어주는 단계를 더 포함할 수 있다.
- <32> 본 발명의 바람직한 또 다른 실시예에 따르면, 상기 g) 단계 이후에 60℃ 내지 70℃의 온도에서 3분 내지 10분 동안 가열하는 단계를 더 포함할 수 있다.
- <33> 본 발명의 바람직한 또 다른 실시예에 따르면, 상기 패터화된 폴리머층의 표면 상에 결합된 오산화이바나듐 나노선 박막을 상기 스탬프와는 다른 기관 상에 미세접촉 프린팅 (micro-contact printing) 방법에 의해서 전이시킬 수 있다.
- <34> 또한, 본 발명은 상기 두 번째 기술적 과제를 달성하기 위해서,
- <35> 상기 방법에 의해서 제조된 정렬도가 향상된 오산화이바나듐 나노선 박막을 제공한다.

효 과

- <36> 본 발명에 따르면, 졸-겔 합성법에 의해서 오산화이바나듐 나노선 박막을 제조하는 과정에 있어서, 나노선의 정렬도를 획기적으로 향상시킬 수 있을 뿐만 아니라, 사후 세척 공정을 생략할 수 있어서 공정 단순화를 도모할 수 있으며, 제조된 나노선의 길이를 간편하게 차단할 수 있어서, 이를 이용하여 제조된 소자 특성의 재현성 확보 및 소자 특성 향상을 달성할 수 있다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

- <37> 본 발명에 따른 오산화이바나듐 나노선 박막의 제조방법은,
- <38> a) 졸-겔 방법에 의한 오산화이바나듐 나노선 용액 제조 단계; b) 오산화이바나듐 나노선 용액의 회석 및 랑뮈에-블라제 트리프에의 투입 단계; c) 할로젠화 디옥타데실디메틸암모늄 용액에 대한 분산제의 투입 단계; d) 할로젠화 디옥타데실디메틸암모늄 용액의 회석 및 오산화이바나듐 나노선 회석 수용액 표면 상 도포 및 방치 단계; e) 배리어에 의한 할로젠화 디옥타데실디메틸암모늄 용액의 계면 압력을 조정 단계; f) 기관의 할로젠화 디옥타데실디메틸암모늄 용액 계면과 접촉 단계; 및 g) 기관 분리 단계를 포함한다.
- <39> 오산화이바나듐 나노선 박막 제조를 위한 졸-겔 방법은 다양한 방법이 사용될 수 있으며, 예를 들어 암모늄(메타)바나데이트 (ammonium(meta)vanadate), 소정량의 산 이온 교환 레진 (acidic ion exchange resin) 및 증류수를 섞는 방법에 의해서 간편하게 오산화이바나듐 나노선 박막을 제조할 수 있다.
- <40> 다음 단계로, 상기 제조된 오산화이바나듐 졸을 물에 회석시킨 후, 랑뮈에-블라제 트리프에 투입하는 단계를 수행한다. 이때, 오산화이바나듐 졸과 물의 혼합 부피비는 상기 오산화이바나듐 나노선 1ml에 대해서 물 200ml 내지 2000ml를 혼합하는 것이 바람직하다.
- <41> 특히, 본 발명에 따른 오산화이바나듐 나노선 박막의 제조방법은 상기 오산화이바나듐 졸의 랑뮈에-블라제 트리프 투입 단계 이후에, 할로젠화 디옥타데실디메틸암모늄 용액이 랑뮈에-블라제 트리프에 잘 분산되도록 하기 위해서, 랑뮈에-블라제 트리프에 미량의 분산제 또는 용제(solvent)를 첨가함으로써 최종 결과물인 오산화이바나듐 나노선 박막의 정렬도를 향상시킬 수 있다. 이는 할로젠화 디옥타데실디메틸암모늄을 포함하는 유기 용매를 랑뮈에-블라제 트리프의 오산화이바나듐 용액 상에 적가할 때, 트리프에 미리 존재하는 미량의 분산제 또는 용제에 의해서 상기 유기 용매가 더욱 잘 분산되게 됨으로써, 배리어에 의한 계면 압력 조정 이전에 오산화이바나

듬 나노선과 할로겐화 디옥타데실디메틸암모늄과의 정전기적 상호작용 (electrostatic interaction)을 통해 전체적으로 보다 균일한 할로겐화 디옥타데실디메틸암모늄/오산화이바나듐의 하이브리드 박막 (hybrid film)을 만들 수 있으며, 계면 압력 조정시 보다 질 좋은 할로겐화 디옥타데실디메틸암모늄 랑뮈에 단일 박막 (Langmuir Monolayer)을 만들 수 있도록 하기 위함이다. 본 발명에서와 같은 과정에 의해서 생성된 필름은 이러한 분산제를 포함하지 않는 공정에 의해서 제조된 박막에 비해서 월등히 우수한 오산화이바나듐 나노선의 정렬도를 지니게 된다.

- <42> 상기 분산제로는 에탄올, 메탄올, 아세톤 및 그 혼합물로 이루어진 군으로부터 선택될 수 있으며, 그 첨가량은 상기 오산화이바나듐 나노선 희석 수용액 100 부피부에 대해서 0.06 부피부 내지 20 부피부인 것이 바람직하다. 상기 분산제의 첨가량이 0.06 부피부 미만인 경우에는 효과적으로 할로겐화 디옥타데실디메틸암모늄 용액을 분산시킬 수 없는 문제점이 있으며, 20 부피부를 초과하는 경우에는, 특히 에탄올을 분산제로 사용하는 경우, 오산화이바나듐 나노선을 환원시키는 과정에서 분산제로서의 역할만을 수행하는 것이 아니라, 오산화이바나듐 나노선 자체를 용해시키는 문제점이 있어서 바람직하지 않다.
- <43> 이어서, 할로겐화 디옥타데실디메틸암모늄 용액을 유기 용매에 희석시킨 다음, 이를 상기 랑뮈에-블라제 트러프의 오산화이바나듐 나노선 용액 표면 상에 도포하는 단계를 수행한다.
- <44> 할로겐화 디옥타데실디메틸암모늄 (dioctadecyldimethylammonium X; DODAX)은 $[\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{17}]_2\text{N}(\text{CH}_3)_2^+\text{X}^-$ 의 화학식으로 표시되며, 소수성 부위 및 친수성 부위를 동시에 보유하는 양친매성 분자로서, 이온화된 DODA⁺ 분자들은 수용액-공기 계면 상에서 소수성을 띄는 알킬 사슬 부위는 공기 중으로, 친수성을 띄는 질소 원자 부위는 수용액 내로 향하도록 배치된다. 따라서, 상술한 바와 같은 랑뮈에-블라제 트러프 (Langmuir-Blodgett trough; LB trough)를 이용한 박막 이전 방법에 유용하게 사용될 수 있게 된다. 또한, 본 발명에서는 사용가능한 양친매성 분자로서 할로겐화 디옥타데실암모늄을 예로 들었지만, 암모늄 양이온을 가진 양친매성 유기물질이라면 물의 계면에 주로 존재하는 유기물질이라면 유사한 역할을 수행할 수 있다.
- <45> 상기와 같이 DODA⁺ 분자들을 오산화이바나듐 나노선 수용액-공기 계면 상에 도포할 경우, 수용액 중의 오산화이바나듐 나노선은 음전하를 띄고 있으므로 양전하를 띄는 DODA⁺ 분자들과 정전기력에 의해서 고균일 및 고밀도로 결합하게 된다.
- <46> 본 발명에서 사용가능한 할로겐화 디옥타데실디메틸암모늄의 구체적인 예로는, 이에 제한되는 것은 아니지만, 할로겐기의 종류에 따라서 염화 디옥타데실디메틸암모늄, 브롬화 디옥타데실디메틸암모늄 또는 요오드화 디옥타데실디메틸암모늄을 들 수 있으며, 이를 희석시키기 위한 유기 용매로는 클로로포름, 클로로벤젠, 디클로로벤젠 및 그 혼합물로 이루어진 군으로부터 선택된 하나 이상의 유기 용매를 예로 들 수 있다.
- <47> 상기 유기 용매에 의해서 희석된 할로겐화 디옥타데실디메틸암모늄 용액의 농도는 0.1 mg/ml 내지 10mg/ml인 것이 바람직하다.
- <48> 특히, 할로겐화 디옥타데실암모늄의 도포량은 물 위에 단분자층으로 할로겐화 디옥타데실암모늄층을 형성하고자 하는 경우에 문제가 되며, 할로겐화 디옥타데실암모늄의 도포량이 일정 수준 이상이면 물 속에 녹아 들어가서 마이셀 (micelle)을 형성하면서 V₂O₅와 함께 복합체 (composite) 형태로 뭉치게 되는 문제점이 있다. 또한, 고농도의 할로겐화 디옥타데실암모늄 용액을 사용하는 경우에는, 해밀토니안 주사기를 사용한 도포시에 더욱 세심한 주의 하에 매우 소량씩 도포하여야 한다.
- <49> 한편, 상기 할로겐화 디옥타데실디메틸암모늄 용액의 도포는, 고밀도의 균일한 도포를 보장하기 위해서, 해밀토니안 주사기 (Hamiltonian syringe)를 사용하여 수행될 수 있다.
- <50> 다음 단계로는, 랑뮈에-블라제 트러프에 장착된 배리어 (barrier)를 사용하여 상기 할로겐화 디옥타데실디메틸암모늄 용액의 계면 압력을 조정하여야 하는데, 이는 고밀도의 단일층 할로겐화 디옥타데실디메틸암모늄 박막이 수용액-공기 계면 상에 고르게 분포하도록 하기 위한 과정이다. 바람직하게는, 상기 계면 압력은 25 mN/m 내지 40 mN/m로 조정된다.
- <51> 오산화이바나듐 나노선의 밀도 및 박막 두께는 계면 압력과 스탬핑 횟수를 제어함으로써 조절할 수 있는데, 4.5nm 내지 5nm 정도 두께의 단일층 박막을 제조하고자 하는 경우에는 계면 압력이 25 mN/m 내지 40 mN/m로 조정되는 것이 바람직하다. 그러나, 제조하고자 하는 오산화이바나듐 박막의 특성 및 안정화 시간 동안 흡착되는 오산화이바나듐의 양이 차이가 난다는 점을 고려할 때, 목적 및 실험 조건에 따라서 상기 계면 압력은 다양한

범위로 조절될 수 있다.

- <52> 상기 계면 압력 조정 단계 이후에는, 랑뮈에-블라제 트러프의 침지 막대 (dipping arm)에 기관을 고정한 다음, 이를 할로젠화 디옥타데실디메틸암모늄 용액의 계면과 접촉시키는 단계를 수행한다. 이때, 할로젠화 디옥타데실디메틸암모늄의 소수성 부위와 기관과의 친화력에 의해서 수용액-공기 계면 상에 존재하던 할로젠화 디옥타데실디메틸암모늄 분자층이 기관으로 이전되면, 상기 할로젠화 디옥타데실디메틸암모늄과 정전기력에 의해서 결합된 오산화이바나듐 나노선도 함께 기관으로 이전되게 된다.
- <53> 상기 접촉 단계는 상기 기관의 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.
- <54> LB 방법의 경우에는, 물 위에 존재하는 필름에 대해서 원하는 공정 압력을 유지하면서 침지시키기 때문에, 기관의 표면 조도 (roughness 또는 topology)와 관계 없이 필름을 형성하고자 할 때 매우 유용한 기술이다.
- <55> 또한, LS 방법의 경우도, 물 위에 존재하는 필름을 있는 그대로 전이시킬 수 있다는 점에서 LB 방법과 유사하나, 이미 만들어진 필름을 그대로 기관에 붙이는 것이기 때문에, 기관의 표면 조도가 크면 패턴이 매우 미세한 경우에는 패턴을 따라 고르게 전이될 수 없다는 문제점이 있다. 그러나, 스탬프를 물의 표면과 수평하게 하여 스탬핑 할 수 있기 때문에 패턴의 전이에 매우 유용한 기술이다.
- <56> 한편, 기관 평면은 계면 압력 조정을 위한 배리어의 이동방향과 수직하게 트러프 내에 배치하는 것이 일반적이지만, 이와 평행하게 트러프 내에 배치되는 것도 가능하다. 도 6a 및 6b와, 도 7a 및 7b에는 각각 전자의 경우와 후자의 경우에 대한 개략적인 장치 모식도를 도시하였다. 이와 같이, 기관 평면에 대한 배리어의 이동 방향의 각도는 패턴 내에서의 나노선의 정렬 (orientation)에 영향을 미칠 뿐만 아니라, 기관 내에서의 정렬된 나노선의 밀도 (density)에도 영향을 미칠 수 있다. 예를 들어, 배리어의 이동방향과 수직하게 트러프 내에 기관을 배치할 경우 배리어에 의한 계면 압력 조정에 의해서 오산화이바나듐 나노선의 밀도는 기관 전체에 걸쳐서 균일하게 유지될 수 있지만, 배리어의 이동방향과 수평하게 기관을 배치할 경우에는 배리어에 의한 계면 압력 조정의 효과가 미미하므로, 기관 평면에 있어서 초기에 침지되는 부분, 즉 기관의 하부 부분은 높은 밀도로 오산화이바나듐 나노선이 정렬되지만, 기관의 상부 부분은 상대적으로 낮은 밀도로 오산화이바나듐 나노선이 정렬되므로, 상하부 간에 밀도차를 갖는 오산화이바나듐 나노선 박막을 제조할 수 있게 된다.
- <57> 한편, 기관의 패턴 정렬부가 할로젠화 디옥타데실디메틸암모늄 용액의 계면과 이루는 각도, 즉 기관의 용액 계면에 대한 입사각을 달리함으로써 패턴 정렬부에 형성된 오산화이바나듐 나노선들이 소정의 각도를 갖도록 할 수도 있으며, 이 경우의 공정 모식도 및 입사각 (θ) (도 10a 및 10c)과, 이에 따라 정렬된 오산화이바나듐 나노선 및 상기 나노선의 정렬 각도 (도 10b 및 10d)를 도 10a 내지 10d에 도시하였다.
- <58> 상기와 같이, 기관 상에 박막 또는 필름을 전이시키기 위한 방법으로서 LB 방법 또는 LS 방법을 선택할 수도 있지만, 기관으로서 표면이 패턴화된 폴리머 스탬프를 사용하는 경우에는 소정의 패턴을 전이시키는 것도 가능하다. 이 경우, 상기 폴리머로는, 이에 제한되는 것은 아니지만, 폴리디메틸실록산 (PDMS) 등의 물질이 이용될 수 있다.
- <59> 한편, 본 발명에서는 별도의 사후 세척 공정 없이도 기관에 대한 세척 효과를 거둘 수 있도록 하기 위해서, 상기 기관의 평면과 상기 할로젠화 디옥타데실디메틸암모늄 용액의 계면 사이의 수직 접촉 이후에, 상기 배리어를 최대로 개방한 후 상기 기관을 상기 할로젠화 디옥타데실디메틸암모늄 용액으로부터 분리시킬 수도 있다. 도 3에는 이러한 공정에 대한 개략적인 공정도를 도시하였으며, 이러한 공정에 의해서, 오산화이바나듐 나노선과 이온 결합 (ionically-crosslinked) 되지 않은 할로젠화 디옥타데실디메틸암모늄은 수면 위로 분리되며, 따라서 세척 효과를 거둘 수 있게 된다 (글루잉 (gluing) LB 방법 또는 LS 방법).
- <60> 또한, 이러한 세척 효과는 상기 배리어를 개방하기 이전에 상기 할로젠화 디옥타데실디메틸암모늄 용액의 계면에 거즈를 덮어서 상기 할로젠화 디옥타데실디메틸암모늄 용액과 공기 사이의 계면에 존재하는 할로젠화 디옥타데실디메틸 암모늄 박막을 제거하는 단계를 더 수행함으로써 달성될 수도 있다.
- <61> 상술한 바와 같이, 스탬프 표면에 소정의 패턴을 전이하는 경우에는, 패턴 영역 외의 디옥타데실디메틸암모늄 분자층 및 오산화이바나듐 나노선을 제거하기 위해서, 선택적으로 상기 스탬프를 물 또는 에탄올로 세척한 다음 질소 가스를 강하게 불어주는 단계를 더 수행할 수도 있다. 이어서, 상술한 바와 같이 스탬프 표면으로 전이된 패턴은 또 다른 기관 상에 미세접촉 프린팅 (micro-contact printing) 방법에 의해서 전이되는 것이 가능하다.

- <62> 마지막으로, 상기 필름의 전이 또는 패턴의 전이 단계 이후에는, 상기 기판 또는 스탬프를 침지 막대로부터 분리한 후 가열하는 단계가 필수적으로 수행되어야 하는 바, 이는 패턴 디벨로핑 (pattern developing)의 이유 때문이다. 특히, 패턴의 크기가 매우 작은 경우 이러한 가열에 의한 패턴 디벨로핑 단계는 필수적인데, 가열 단계에 의해서 도장 위의 필름을 건조시키는 과정에서 시간을 줄일 수도 있고, 가열 단계는 패턴 크기 및 패턴의 모양에도 영향을 미친다.
- <63> 이때, 상기 가열은 60℃ 내지 70℃의 온도에서 3분 내지 10분 동안 수행되는 것이 바람직한데, 가열 온도가 70℃를 초과하는 경우에는 필름의 열손상 문제가 발생할 수도 있으며, 가열 시간이 3분 미만인 경우에는 패턴 전이시 필름에 물기가 남아서 물에 의한 패턴의 왜곡 가능성이 있고, 10분을 초과하는 경우에는 폴리머 스탬프를 사용하여 패턴을 전이하고자 하는 경우에, 스탬프 자체가 변형되거나 탄력성을 잃어서 기판 사이의 웨팅 (wetting)이 나빠지는 문제점이 있어서 바람직하지 않기 때문이다.
- <64> 또한, 본 발명은 상기 두 번째 기술적 과제를 달성하기 위해서, 상기 방법에 의해서 제조된 정렬도가 향상된 오산화이바나듐 나노선 박막을 제공한다.
- <65> 본 발명에 따른 오산화이바나듐 나노선 박막은 정렬도가 획기적으로 향상되기 때문에 소자 특성의 재현성 확보 및 소자 특성 향상을 달성할 수 있고, 따라서 전계 효과 트랜지스터 (Field Effect Transistor) 및 각종 센서의 제작 등에 광범위하게 활용될 수 있다.
- <66> 이하, 실시예를 통하여 본 발명을 더욱 구체적으로 설명하기로 하되, 하기 실시예는 본 발명의 이해를 돕기 위한 것일 뿐, 본 발명의 범위를 제한하는 것으로 해석되어서는 아니될 것이다.
- <67> 실시예 1
- <68> LB 트러프는 침지 막대 및 압력 측정용 종이 기판 (perimeter=20.0mm)을 구비한 모델로서, 핀란드의 KSV사의 KSV2000모델을 사용하였다. 또한, 오산화이바나듐 나노선은 암모늄(메타)바나데이트 (99%, Aldrich) 0.4g, 산성 이온 교환 수지 (DOWEX50WX8-100 ion exchange resin, Sigma-Aldrich) 1g 및 100ml DI-water (Millipore)를 섞어서 실온에서 6개월 이상 성장시킨 것을 사용하였다 (sol-gel법). 상기와 같이 제조된 오산화이바나듐 나노선 용액을 물에 1/2000로 희석시킨 후, LB 트러프를 채웠다. 다음으로, 상기 오산화이바나듐 나노선 용액에 할로젠화 디옥타데실디메틸암모늄 용액에 대한 분산제로서 에탄올을 1ml 첨가한 다음, DODAB (>98%, TCI)를 0.1ml/ml의 농도로 클로로포름 (>99.8%(GC), stabilized with ~1% ethanol, Fluka)에 용해시켜, 초음파 처리 (ultrasonication)를 한 후, 해밀토니안 주사기를 사용하여 LB 트러프 위에 도포하였다.
- <69> 다음 단계로, 원하는 공정 압력까지 (단분자층 형성의 경우 35mN/m) 배리어를 닫은 후, 약 48시간 동안 안정화 시간을 부여하여 계면 압력을 공정 압력으로 유지하면서 침지 막대에 기판 또는 PDMS 스탬프 (DOW Corning사의 DC 184-A 및 DC 184-B를 10:1의 무게비로 잘 섞은 후, 실리콘 마스터에 붓고 기포가 없을 때까지 공기 중에 두었다가 오븐에 2시간 이상 소성시켜 완성)를 물려주고 필름을 전이하였다. 곧 이어서, 기판 또는 스탬프에 대해서 블로잉 처리를 행한 후, 필요에 따라서 DI-water에 의한 세척 및 린스 작업과 질소 가스에 의한 블로잉 처리를 통해서 DODAB (V_2O_5 와 정전기력에 의해서 결합되지 않고 남은 부분을 의미하며, V_2O_5 와 정전기력에 의해서 결합된 DODAB는 이온 교환에 의해서 DODA+/ V_2O_5 하이브리드 박막을 형성한다)만을 선택적으로 제거하였다.
- <70> 한편, PDMS 스탬프를 이용하여 패턴을 전이하고자 하는 경우, PDMS 스탬프를 기판에 적당한 시간 동안 접촉시키고 (전이하고자 하는 기판의 표면 조도에 따라 접촉 시간이 달라지며, 일반적인 평면 표면의 경우에는 대략 5초간 접촉시키고, 표면 조도가 큰 기판일수록 보다 길게 접촉시킴), 떼어주어 패턴을 전이시켰다.
- <71> 실시예 2
- <72> 기판 또는 PDMS 스탬프와 할로젠화 디옥타데실디메틸암모늄 용액과의 계면 접촉 이후에 배리어를 최대한 개방하고 침지 막대를 할로젠화 디옥타데실디메틸암모늄 용액으로부터 꺼내었다는 점을 제외하고는 실시예 1과 동일한 요령에 의해서 패턴을 전이하였다. 이때, 기판은 배리어의 이동방향과 수직이 되도록 배치하였다.
- <73> 실시예 3
- <74> 기판을 배리어의 이동방향과 평행이 되도록 배치하였다는 점을 제외하고는, 실시예 2와 동일한 요령에 의해서 패턴을 전이시켰다.
- <75> 비교예 1

- <76> 분산제를 투입하지 않았다는 점을 제외하고는 상기 실시예 1과 동일한 방법에 의해서 패턴을 전이시켰다.
- <77> 비교예 2
- <78> 분산제를 투입하지 않았으나, 상기 실시예 2와 같이 기판 또는 PDMS 스탬프와 할로겐화 디옥타데실디메틸암모늄 용액과의 계면 접촉 이후에 배리어를 최대로 개방하는 방법 (글루잉 LS 방법)에 의해서 패턴을 전이시켰다.
- <79> 평가
- <80> 도 4에는 실시예 1에 따른 공정에서 트러프 내의 용액 계면에 형성된 할로겐화 디옥타데실 암모늄/오산화이바나듐 나노선 박막과 비교예 1에 따른 디옥타데실 암모늄/오산화이바나듐 나노선 박막의 평균 분자 영역 (Mean molecular area)에 따른 계면 압력 (Surface pressure)을, 할로겐화 디옥타데실 암모늄 및 오산화이바나듐 나노선에 대한 데이터와 비교하여 도시하였다.
- <81> 도 4에서, 실시예 1과 비교예 1의 데이터를 비교해 보면, 실시예 1의 경우가 비교예 1에 비해서 더 높은 평균 분자 영역 값에서 계면 압력이 증가하지만, 더 낮은 기울기로 증가함을 알 수 있으며, 또한 고점 영역 (plateau)도 실시예 1의 경우가 더욱 길다는 것을 알 수 있다.
- <82> 특히, 계면 압력 증가 시작 시점에 대한 비교로부터, 헤밀토니안 주사기로 클로로포름에 용해시킨 할로겐화 디옥타데실 암모늄을 적가할 때, 트러프 내에 존재하는 미량의 분산제가 상기 할로겐화 디옥타데실 암모늄을 더욱 잘 분산시켰다는 사실을 알 수 있으며 (분산이 잘 되어 있으므로 트러프 영역이 좀 더 넓은 범위에서도 분자 간의 상호작용을 느끼게 됨), 낮은 기울기는 이를 더욱 잘 반영한다. 또한, 긴 고점 영역 (plateau)을 통해서 볼 때, 오산화 이바나듐 나노선의 정렬 경향이 더욱 크다는 사실도 예상할 수 있다. 이는 하기 서술하는 실제 원자력 현미경 사진 (AFM data)을 통해서도 확인할 수 있었다.
- <83> 더욱이, 비교예 1의 경우 고점 영역이 $45\text{\AA}^2/\text{molecule}$ 정도의 수치에서 붕괴되었으나, 실시예 1의 경우 거의 $40\text{\AA}^2$ 정도의 수치에서 붕괴되었다. 따라서, 본 발명에 있어서 분산제의 첨가가 공기/물 계면에서의 할로겐화 디옥타데실 암모늄 용액의 분산을 도와주었으며, 잘 분산된 할로겐화 디옥타데실 암모늄 용액과 오산화이바나듐 나노선 사이의 결합을 통해 계면 압력 조정 후의 오산화이바나듐 나노선의 정렬도가 향상되었음을 알 수 있다.
- <84> 한편, 도 5a 및 5b에는 비교예 1에 따라서 제조된 박막 (5b)과 비교예 2에 따라서 제조된 박막 (5a)에 대한 원자력 현미경 사진을 도시하였다. 도면의 비교로부터, 글루잉 LS 방법에 따른 박막 (비교예 2)이 통상의 LS 방법 (비교예 1)에 대한 박막보다 잔여 할로겐화 디옥타데실암모늄의 양이 적고, 따라서 세척 효과를 가짐을 알 수 있다.
- <85> 또한, 기관의 배치 방향과 배리어의 이동 방향 사이의 각도가 전이된 패턴의 정렬도에 미치는 영향을 살펴보기 위해서, 실시예 2 및 실시예 3에 따른 방법에 의해서 제조된 오산화이바나듐 나노선/할로겐화 디옥타데실디메틸암모늄 하이브리드 필름 패턴에 대한 상부, 중앙부 및 하부 표면 사진을 각각 도 8 및 도 9에 도시하였으며, 이를 참조하면, 배리어의 이동방향과 수직하게 트러프 내에 기관을 배치할 경우 (실시예 2), 배리어에 의한 계면 압력 조정에 의해서 오산화이바나듐 나노선의 밀도는 기관 전체에 걸쳐서 균일하게 유지되므로, 전체 기관에 걸쳐서 균일한 패턴의 전이가 이루어졌음을 확인할 수 있지만, 배리어의 이동방향과 수평하게 기관을 배치할 경우 (실시예 3)에는, 배리어에 의한 계면 압력 조정의 효과가 미미하므로, 기관 평면에 있어서 초기에 침지되는 부분, 즉 기관의 하부 부분은 높은 밀도로 오산화이바나듐 나노선이 정렬되지만, 기관의 상부 부분은 상대적으로 낮은 밀도로 오산화이바나듐 나노선이 정렬되므로, 상하부 간에 밀도차를 갖는 오산화이바나듐 나노선 박막을 제조할 수 있게 된다. 달리 말하면, 기관 침지 공정의 초기에는 기관 정렬 방향에 따른 패턴의 정렬이 이루어지지만, 기관 침지 공정의 말미에는 물과 기관의 요철 (meniscus)에 따른 정렬이 지배적으로 나타난다.

산업이용 가능성

- <86> 본 발명에 따라서 제조된 나노선 소자는 우수한 특성 및 재현성을 구비하므로, 전계 효과 트랜지스터 (Field Effect Transistor) 및 각종 센서의 제작 등에 광범위하게 활용될 수 있다. 또한, 도금 방법을 응용할 경우에는 나노선을 주형으로 하는 구리 (Cu)나 코발트(Co) 등의 금속 배선 패터닝도 가능하다.

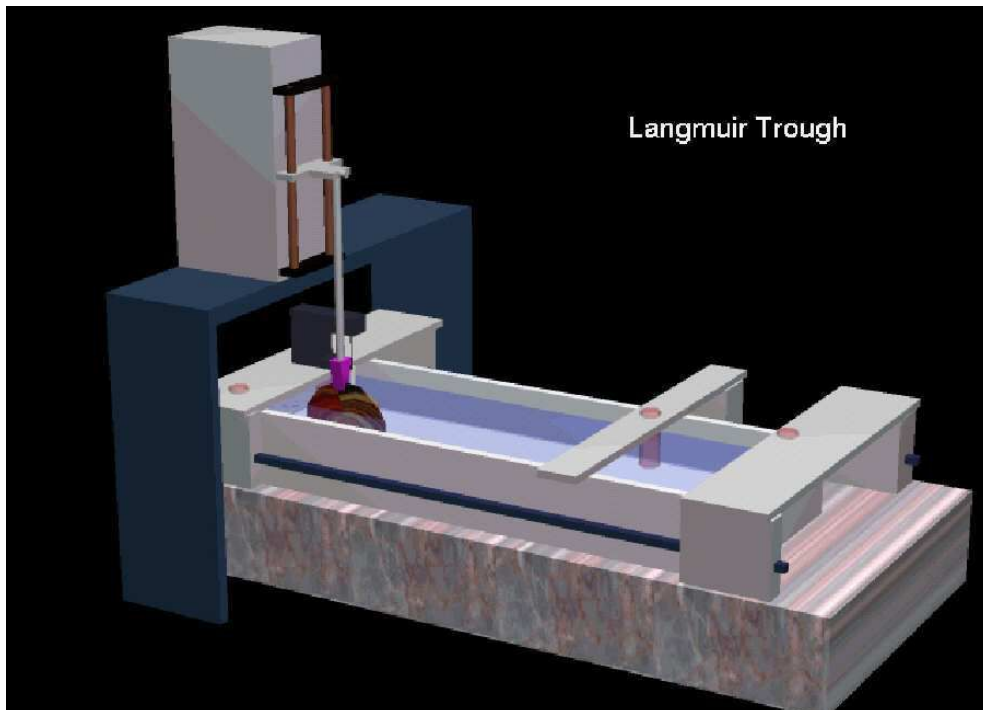
도면의 간단한 설명

- <87> 도 1은 종래 통상적인 랑위에-블라제 트러프에 대한 개요도이다.

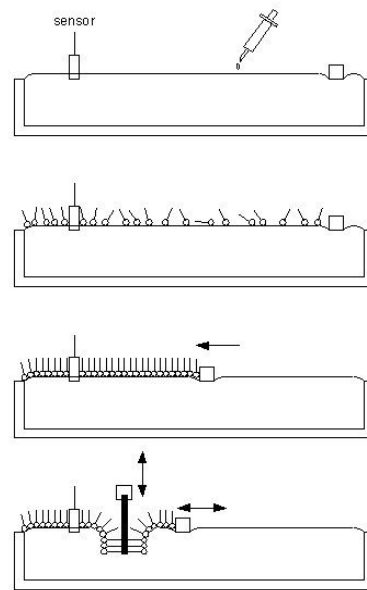
- <88> 도 2a 및 2b는 각각 종래 통상적인 LB 방법 및 LS 방법에 대한 개략적인 공정 개요도이다.
- <89> 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 오산화이바나듐 나노선 박막의 제조방법에 대한 개략적인 공정도이다.
- <90> 도 4는 본 발명에 따라서 제조된 할로젠화 디옥타데실 암모늄/오산화이바나듐 나노선 박막, 비교예 1에 따라서 제조된 디옥타데실 암모늄/오산화이바나듐 나노선 박막, 할로젠화 디옥타데실 암모늄 및 오산화이바나듐 나노선의 평균 분자 영역 (Mean molecular area)에 따른 계면 압력 (Surface pressure)을 도시한 그래프이다.
- <91> 도 5a 및 5b는 종래 통상적인 방법들로서, 글루잉 LS 방법에 따라서 제조된 박막과 통상의 LS 방법에 따라서 제조된 박막에 대한 원자력 현미경 사진이다.
- <92> 도 6a 및 6b는 본 발명에 따른 제조방법에 있어서, 배리어의 이동방향이 기관 평면과 수직인 경우에 대한 개략적인 장치 모식도이다.
- <93> 도 7a 및 7b는 본 발명에 따른 제조방법에 있어서, 배리어의 이동방향이 기관 평면과 평행한 경우에 대한 개략적인 장치 모식도이다.
- <94> 도 8은 도 6a 및 6b에 따른 방법에 의해서 제조된 오산화이바나듐 나노선/할로젠화 디옥타데실디메틸암모늄 하이드리드 필름 패턴에 대한 상부, 중앙부 및 하부 표면을 도시한 사진이다.
- <95> 도 9는 도 7a 및 7b에 따른 방법에 의해서 제조된 오산화이바나듐 나노선/할로젠화 디옥타데실디메틸암모늄 하이드리드 필름 패턴에 대한 상부, 중앙부 및 하부 표면 사진이다.
- <96> 도 10a 내지 10d는 본 발명에 따른 제조방법에 있어서, 기관의 패턴 정렬부가 할로젠화 디옥타데실디메틸암모늄 용액의 계면과 이루는 각도를 달리하는 경우의 공정 모식도 및 입사각 (θ) (도 10a 및 10c)과, 이에 따라 정렬된 오산화이바나듐 나노선 및 상기 나노선의 정렬 각도 (도 10b 및 10d)를 도시한 도면이다.

도면

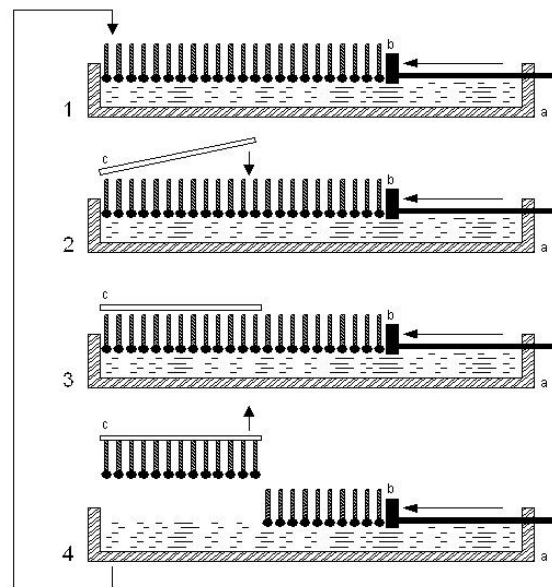
도면1



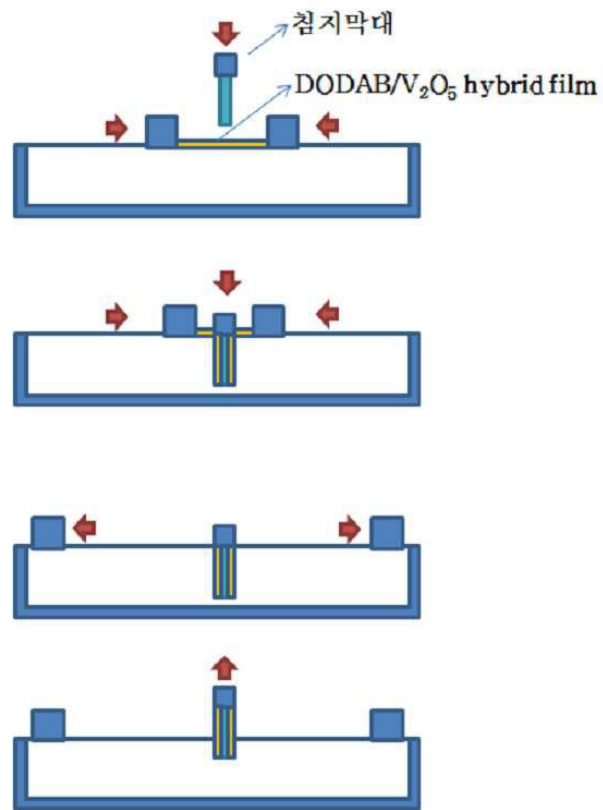
도면2a



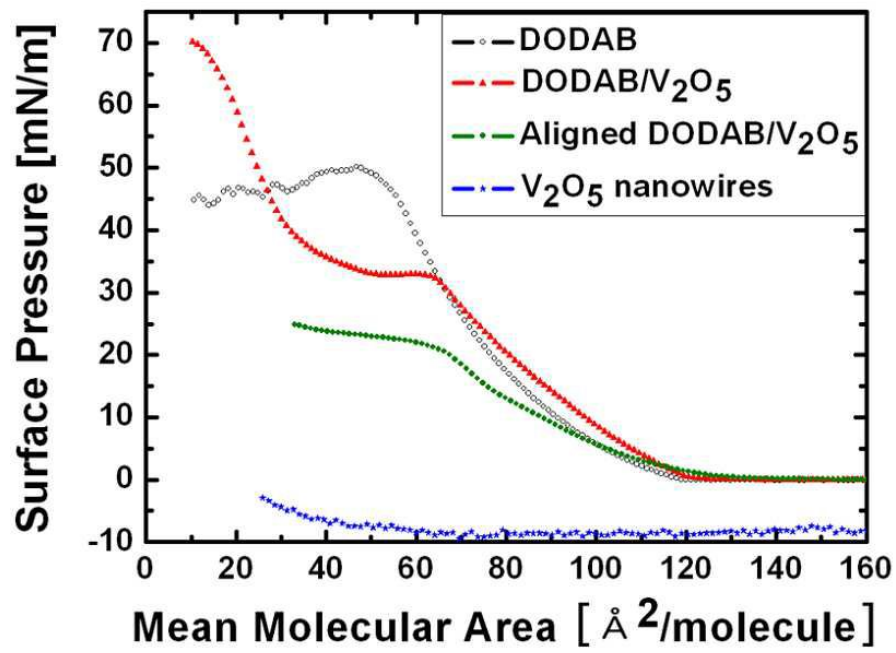
도면2b



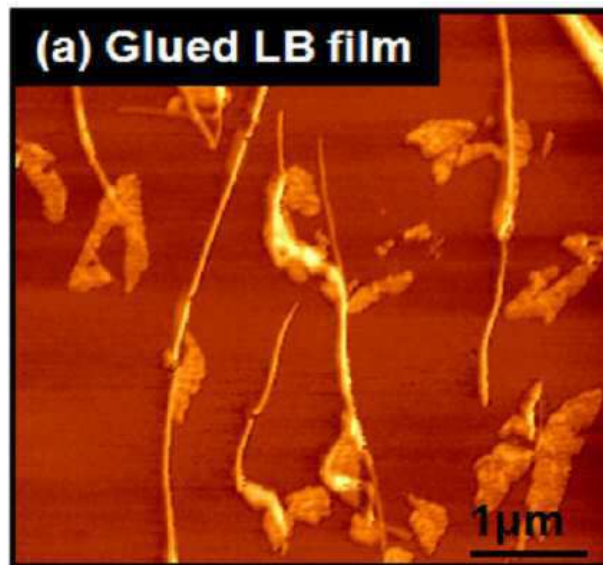
도면3



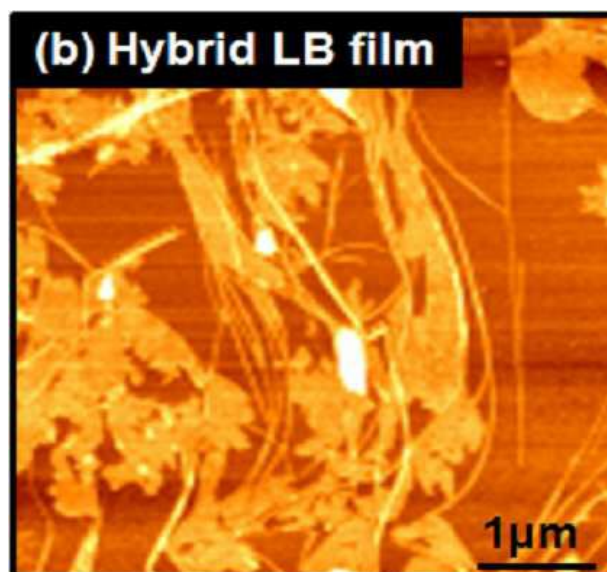
도면4



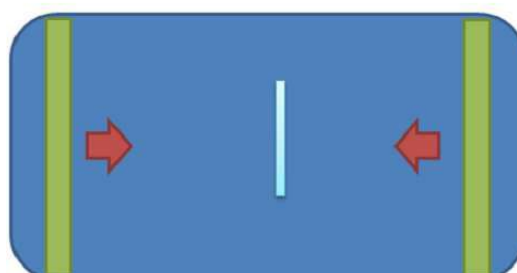
도면5a



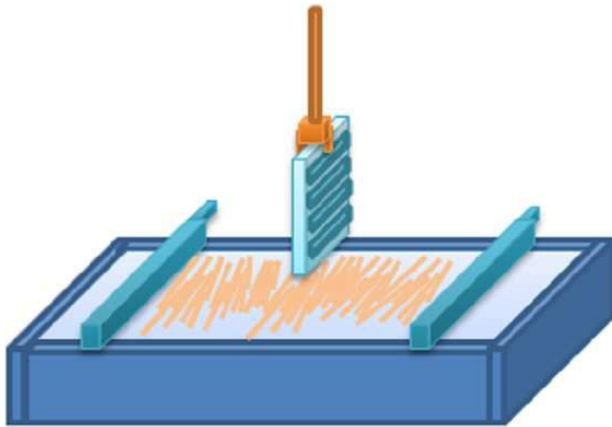
도면5b



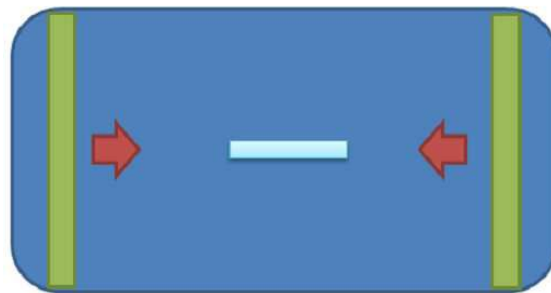
도면6a



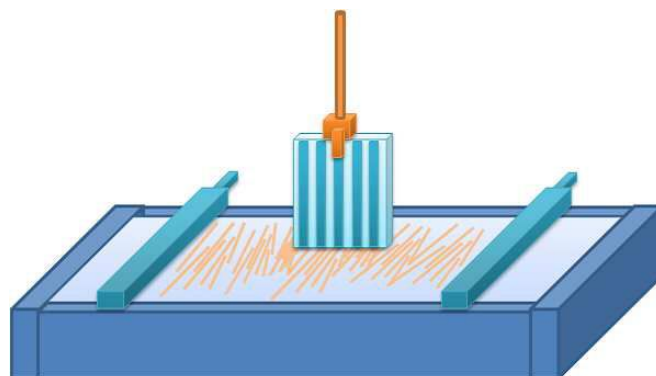
도면6b



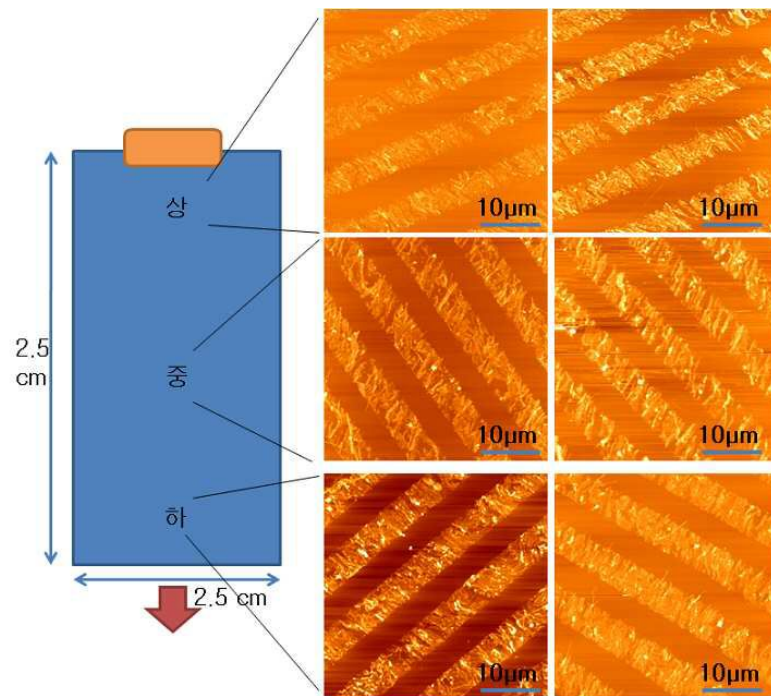
도면7a



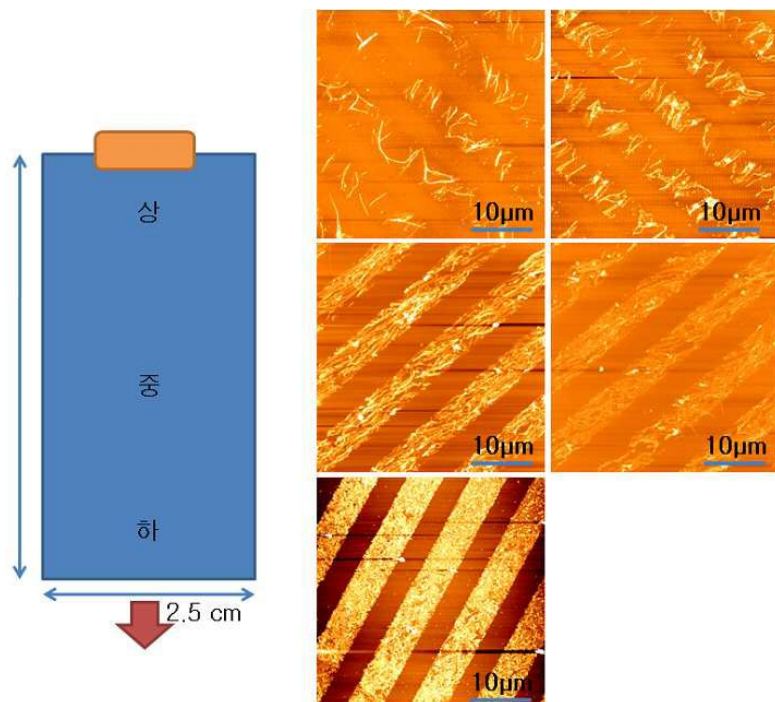
도면7b



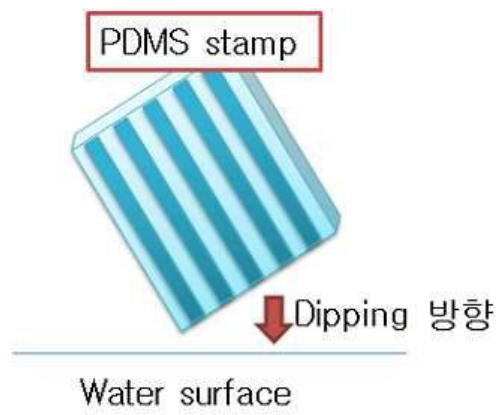
도면8



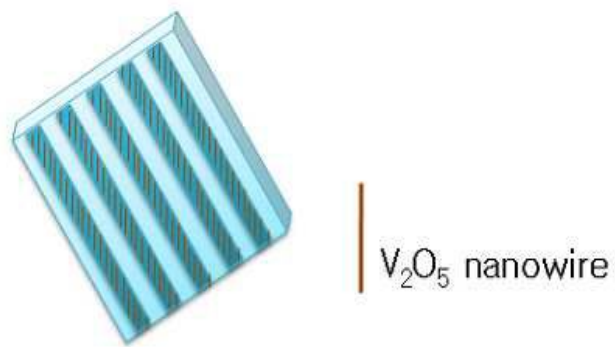
도면9



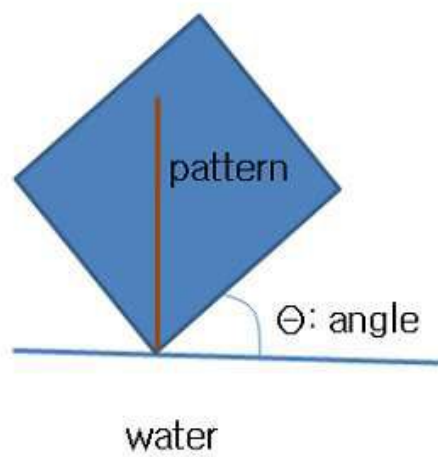
도면10a



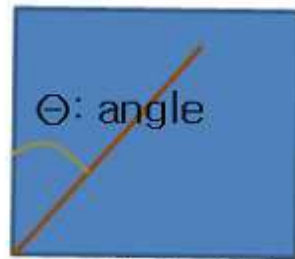
도면10b



도면10c



도면10d



Θ: 패턴 내에서의 나노선
정렬 각도