(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2009-0084304
(43) 공개일자 2009년08월05일

(51) Int. Cl.
B82B 1/00 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2008-0010389
(22) 출원일자 2008년01월31일
심사청구일자 2008년01월31일

(71) 출원인
고려대학교 산학협력단
서울 성북구 안암동5가1 고려대학교 내
(72) 발명자
하정숙
서울 노원구 월계동 우남아파트 101동 2203호
김용관
서울 성북구 안암동3가 29번지 2층
김대일
서울 성북구 안암동4가 29-3 304호
(74) 대리인
현종철

전체 청구항 수 : 총 17 항

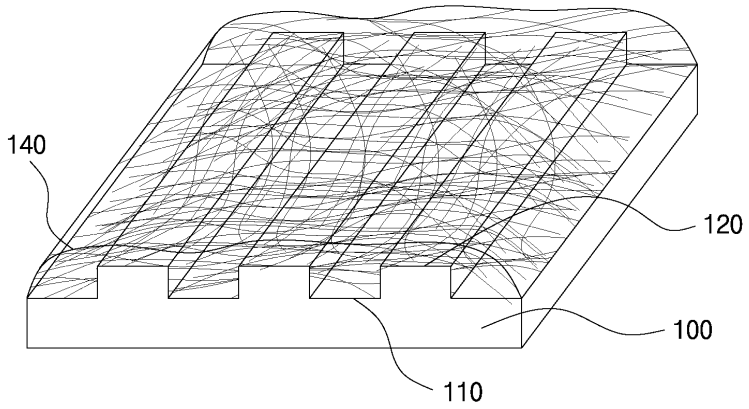
(54) 나노선 박막, 그 제조 방법, 그 제조장치 및 이를 포함하는전자소자

(57) 요 약

나노선 박막, 그 제조 방법, 그 제조장치 및 이를 포함하는 전자소자가 제공된다.

본 발명에 따른 나노선 박막 제조방법은 오목부 및 볼록부를 포함하는 스탬프 상에 나노선 분산 용액을 도포시키는 단계; 상기 스탬프 상의 나노선 용액에 기체를 블로잉하여, 상기 나노선을 정렬시키는 단계; 및 상기 스탬프를 기판에 접촉시켜 상기 스탬프의 볼록부 상에 정렬된 나노선을 상기 기판에 프린팅하는 단계를 포함하며, 본 발명에 따른 나노선 박막의 제조방법은 나노선의 배향구조, 나노선의 길이 등을 간단한 설계변경에 따라 달성할 수 있으며, 종래의 기술이 가지는 공정 의 한계를 극복할 수 있다. 또한, 본 발명에 따라 제조된 나노선 박막, 소오스 및 드레인 전극을 포함하는 전자 소자는 전기적 특성이 안정적이다는 장점이 있다

대 표 도 - 도1b



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	R0706941
부처명	과학기술부
연구사업명	국가지정연구실사업(NRL)
연구과제명	SiP(System in Package)소자 응용을 위한상향식(bottom-up)다층 패터닝 공정
주관기관	고려대학교 산학협력단
연구기간	2007년 07월 01일 ~ 2008년 06월 30일

특허청구의 범위

청구항 1

오목부 및 볼록부를 포함하는 스탬프 상에 나노선 분산 용액을 도포시키는 단계;

상기 스탬프 상의 나노선 용액에 기체를 블로잉하여, 상기 나노선을 정렬시키는 단계; 및

상기 스탬프를 기판에 접촉시켜 상기 스탬프의 볼록부 상에 정렬된 나노선을 상기 기판에 프린팅하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 나노선 박막 제조 방법.

청구항 2

제 1항에 있어서,

상기 나노선 용액은 졸-겔 합성법에 의하여 수득하는 것을 특징으로 하는 나노선 박막 제조방법.

청구항 3

제 1항에 있어서,

상기 나노선 분산 용액을 상기 스탬프 상에 도포하기 전에 상기 나노선 분산 용액이 상기 스탬프 상에 도포될 수 있도록 상기 스탬프를 전처리하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 나노선 박막 제조방법.

청구항 4

제 3항에 있어서,

상기 전처리 단계는 산소-플라즈마 또는 자외선-오존 처리에 의하여 진행되는 것을 특징으로 하는 나노선 박막 제조방법.

청구항 5

제 1항에 있어서,

상기 스탬프는 폴리디메틸실록산(PDMS, polydimethylsiloxane)을 포함하는 것을 특징으로 하는 나노선 박막 제조방법.

청구항 6

제 1항에 있어서,

상기 나노선은 오산화이바나늄(V_2O_5)인 것을 특징으로 하는 나노선 박막 제조방법.

청구항 7

제 1항에 있어서,

상기 블로잉은 8 내지 12psig의 압력 조건으로 진행하는 것을 특징으로 하는 나노선 박막 제조방법.

청구항 8

제 1항에 있어서,

상기 기판은 상기 스탬프와 접촉하기 전에 3-아미노프로필-트리메톡시실란(APS)에 의하여 전처리하는 것을 특징으로 하는 나노선 박막 제조방법.

청구항 9

제 1항 내지 제 8항 중 어느 한 항에 따라 기판 상에 제조된 나노선 박막.

청구항 10

제 9항에 있어서,

상기 나노선 박막은 일정한 방향성을 가지는 것을 특징으로 하는 나노선 박막.

청구항 11

기체 공급원;

상기 기체 공급원으로부터 유입되는 기체의 압력을 조절하는 압력제어부; 및

사용자의 구동 신호에 따라 기체를 블로잉하는 블로잉부를 포함하는 것을 특징으로 하는 나노선 박막 제조장치.

청구항 12

제 1항 내지 제 8항 중 어느 한 항에 따라 나노선 박막을 기판 상에 적층하는 단계;

상기 기판 상에서 상기 나노선 박막과 접촉하며, 상기 나노선 박막에 의하여 연결되는 소오스 및 드레인 전극을 형성하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 전자 소자 제조방법.

청구항 13

제 12항에 있어서,

상기 나노선 박막은 상기 소오스 및 드레인 전극 사이에서 네트워크 구조를 나타내는 것을 특징으로 하는 전자 소자 제조방법.

청구항 14

제 12항에 있어서,

상기 나노선 박막은 오산화이바나듐인 것을 특징으로 하는 전자 소자 제조방법.

청구항 15

기판;

상기 기판 상에 일정 간격 이격되어 형성된 소오스 및 드레인 전극; 및

상기 소오스 및 드레인 전극을 전기적으로 연결하며, 상술한 방법에 의하여 기판 상에 형성된 나노선 박막을 포함하는 것을 특징으로 하는 전자소자.

청구항 16

제 15항에 있어서,

상기 나노선 박막은 상기 소오스 및 드레인 전극사이에서 네트워크 구조인 것을 특징으로 하는 전자소자.

청구항 17

제 15항에 있어서,

상기 나노선 박막은 오산화이바나듐인 것을 특징으로 하는 전자소자.

명 세 서

발명의 상세한 설명

기 술 분 야

<1> 본 발명은 나노선 박막, 그 제조 방법, 그 제조장치 및 이를 포함하는 전자소자에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 경제적인 방법으로 사용자에 의하여 손쉽게 방향, 위치 등을 정렬, 변화시킬 수 있는 나노선 박막, 그 제조 방법, 그 제조장치 및 이를 포함하는 전자소자에 관한 것이다.

배 경 기 술

<2> 나노선은 단면의 지름이 1나노미터(1나노는 10억분의 1미터) 정도의 극미세선으로, 이것을 만드는 기술은 세계를 변화시킬 10대 신기술 가운데 하나로 꼽히며, 현재 나노테크놀러지 분야에서 가장 효율적인 분야 가운데 하나로 평가되며, 레이저나 트랜지스터, 메모리, 화학감지용 센서(감지기) 등 다양한 분야에 쓰인다.

<3> 이러한 나노선의 패터닝 기술의 대부분은 나노선을 기판의 원하는 곳에 위치시키는 것에 목적을 두고 있으나, 정렬방향이 일정하지 않은 나노선을 이용한다는 점에서 한계가 있었다. 특히, 최근의 연구는 나노선의 정렬 방향이 소자의 기능에 크게 영향을 미치므로, 나노선의 정렬방향을 패터닝 기술의 중요요소로 고려하고 있다는 점에서 더욱 그러하다.

<4> 현재까지 다양한 나노선 패터닝 공정이 개발되었으며, 이 중 프린팅 공정은 대면적화가 가능하고, 값싸고 간단한 공정이라는 점에서 현재까지 많은 연구가 이루어지고 있다.

<5> 지금까지 프린팅 전이 공정을 이용한 나노 구조체 패터닝 기술은 크게 2가지로 나눌 수 있는데, 첫 번째는 나노선과 친화력을 보이는 분자를 이용하여 나노선을 선택 흡착함으로써 나노선을 패터닝하는 기술이다. 이는 대한민국 공개특허공보 10-2007-0112733에 개시되며, 상기 기술은 클로즈드 셀(Closed Cell)을 이용한 나노구조 패터닝 기술을 통해 표면 위의 나노구조들을 나노구조 친화도가 다른 표면으로 전이시켜 나노구조를 패터닝할 수 있고, 밀도의 기울기가 있는 분자막을 이용한 회로 크기 축소 기술을 통해 분자막의 밀도차이를 이용함으로써, 마이크로 미터 크기의 패턴에서 대량의 나노 수준의 나노구조 회로를 구성할 수 있으며, 나노구조 마스크를 이용한 회로 제작 기술 및 응용은 정렬된 나노구조들을 마스크로 이용함으로써 다양한 표면 나노구조를 구현할 수 있는 효과를 얻을 수 있는 기술에 관한 것이다. 상기 공정은 자기 조립 방법을 이용하는 것으로, 과학적 의미는 크다고 볼 수 있지만, 단일층이 아닌 다중층을 패터닝하는 데에는 문제가 있고, 그 방법 또한 매우 복잡하다는 문제가 있다.

<6> 종래의 나노 구조체 패터닝 기술 중 두 번째는 나노선을 도장에 부착시킨 후, 상기 도장을 원하는 기판에 프린팅함으로써 나노선을 패터닝하는 방법이다. 그 일 예로서, 기존의 반도체 공정을 이용하여 기판상에 제조된 나노 구조체를 도장으로 전이한 후, 상기 도장을 이용, 소자를 만들 다른 기판에 나노 구조체를 프린팅하여 나노 소자를 제작하거나 (대한민국 공개 특허공보 10-2007-0037484 참조, 이하 인용기술 1), 나노선을 정렬, 성장시킨 후, 이것을 다시 도장으로 전이시켜 프린팅하는 기술(이하 인용기술 2)을 들 수 있다. 또한, 용액상태의 나노선을 장력 등을 이용하여 정렬시킨 후, 프린팅하는 기술(이하 인용기술 3) 역시 상기 범주에 속한다. 하지만, 상기 기술 중 인용기술 1 및 2는 대량생산에 유리한 졸-겔 합성법에 의하여 제조된 용액 상태의 나노선을 사용할 수 없으므로, 경제성이 떨어지는 문제가 있고, 인용기술 3은 다양한 나노선을 대면적에 정렬시킬 수 있지만, 나노선의 방향, 위치 또는 길이 등을 제어, 조절할 수 없다는 문제가 있다.

발명의 내용

해결 하고자하는 과제

<7> 따라서, 본 발명이 이루고자 하는 첫 번째 과제는 경제적이면서도, 패턴의 조절이 용이한 나노선 박막 제조 방법을 제공하는 데 있다.

<8> 본 발명이 이루고자 하는 두 번째 과제는 보다 안정적이고 우수한 특성을 갖는 나노선 박막을 제공하는 데 있다.

<9> 본 발명이 이루고자 하는 세 번째 과제는 상기 나노선 박막 제조 방법을 효과적으로 구현할 수 있는 나노선 박막 제조장치를 제공하는 데 있다.

<10> 본 발명이 이루고자 하는 네 번째 과제는 보다 안정적이고 우수한 특성을 갖는 나노선 박막을 포함하는 전자 소자의 제조 방법을 제공하는 데 있다.

<11> 본 발명이 이루고자 하는 다섯 번째 과제는 보다 안정적이고 우수한 특성을 갖는 나노선 박막을 포함하는 전자 소자를 제공하는 데 있다.

과제 해결수단

<12> 상기 첫 번째 과제를 해결하기 위하여, 본 발명은 오목부 및 볼록부를 포함하는 스탬프 상에 나노선 분

산 용액을 도포시키는 단계; 상기 스탬프 상의 나노선 용액에 기체를 블로잉하여, 상기 나노선을 정렬시키는 단계; 및 상기 스탬프를 기판에 접촉시켜 상기 스탬프의 볼록부 상에 정렬된 나노선을 상기 기판에 프린팅하는 단계를 포함하는 나노선 박막 제조 방법을 제공한다.

<13> 본 발명에 있어서 상기 나노선 분산 용액은 졸-겔 합성법에 의하여 합성되며, 상기 나노선 분산 용액을 상기 스탬프 상에 도포하기 전, 상기 나노선 분산 용액이 상기 스탬프 상에 용이하게 도포될 수 있도록 상기 스탬프를 전처리하는 단계를 더 포함한다.

<14> 상기 스탬프의 전처리 단계는 산소-플라즈마 또는 자외선-오존 처리에 의하여 진행되며, 또한 상기 스탬프는 폴리디메틸실록산(PDMS, polydimethylsiloxane)을 포함할 수 있다.

<15> 상기 나노선은 오산화이바나늄(V_2O_5)이며, 상기 기체 블로잉은 8 내지 12psig의 압력 조건으로 진행될 수 있다.

<16> 본 발명의 일 실시예에서 상기 기판은 상기 스탬프와 접촉하기 전, 3-아미노프로필-트리메톡시실란(APS)에 의하여 전처리될 수 있다.

<17> 상기 두 번째 과제를 달성하기 위하여, 본 발명은 상술한 나노선 박막 제조 방법에 의하여 형성되며, 일정한 배향성을 가지는 나노선 박막을 제공한다.

<18> 또한, 본 발명은 상기 세 번째 과제를 해결하기 위하여, 기체 공급원; 상기 기체 공급원으로부터 유입되는 기체의 압력을 조절하는 압력제어부; 및 사용자의 구동 신호에 따라 기체를 블로잉하는 블로잉부를 포함하는 나노선 박막 제조장치를 제공한다.

<19> 본 발명은 상기 네 번째 과제를 해결하기 위하여 기판 상에 상술한 방법에 따라 나노선 박막을 적층하는 단계; 상기 나노선 박막과 접촉하며, 상기 나노선 박막에 의하여 연결되는 소오스 및 드레인 전극을 기판 상에 형성하는 단계를 포함하는 전자 소자 제조방법을 제공한다.

<20> 본 발명의 일 실시예에서, 상기 나노선 박막은 상기 소오스 및 드레인 전극 사이에서 네트워크 구조를 나타내는 형태로 기판 상에 적층될 수 있으며, 상기 나노선 박막은 오산화이바나듐일 수 있다.

<21> 본 발명은 상기 다섯 번째 과제를 해결하기 위하여, 기판, 상기 기판 상에 일정 간격 이격되어 형성된 소오스 및 드레인 전극; 및 상기 소오스 및 드레인 전극을 전기적으로 연결하며, 상술한 방법에 의하여 기판 상에 형성된 나노선 박막을 포함하는 전자 소자를 제공한다.

<22> 본 발명의 일 실시예에서 상기 나노선 박막은 상기 소오스 및 드레인 전극사이에서 네트워크 구조를 가지며, 상기 나노선 박막은 오산화이바나듐일 수 있다.

효 과

<23> 본 발명에 따른 나노선 박막 제조방법은 나노선의 배향, 길이 등을 용이하게 변경, 정렬시킬 수 있으므로, 종래의 기술이 가지는 공정 한계를 극복할 수 있다. 또한, 본 발명에 따라 제조된 나노선 박막, 소오스 및 드레인 전극을 포함하는 전자 소자는 전기적 특성이 안정적이다는 장점이 있다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

<24> 이하, 도면 등을 이용하여 본 발명을 보다 상세히 설명한다.

<25> 도 1a 내지 1d는 본 발명에 따른 나노선 박막 제조 방법을 나타내는 단계도이다.

<26> 도 1a를 참조하면, 먼저 오목부(110)와 볼록부(120)을 구비하는 스탬프(100)가 제공되는데, 상기 스탬프(100)는 고분자 물질로 이루어진다. 상기 고분자 물질로 PDMS(polydimethylsiloxane) 또는 아클릴계 분자 등이 사용될 수 있으나, 현재 다양한 물성의 PDMS가 이미 상용화되어 있기 때문에 아크릴레이트계 고분자에 비하여 다양한 물성을 갖는 스탬프를 용이하게 제조할 수 있다는 장점이 있다. 또한, 상기 스탬프는 일정 두께의 편차를 가지는 오목부(110)와 볼록부(120)를 가지는데, 이러한 스탬프(100)의 제조는 당업계에서 사용되는 한 어떠한 공정도 사용될 수 있으나, 본 발명의 일 실시예에서는 마스터 패턴을 이용한 역전이 몰딩 공정을 이용하였는데, 이는 하기 실시예에서 보다 상세히 설명된다.

<27> 본 발명에서는 볼록부(120)상의 나노선 만을 기판 상에 적층하므로, 당업계에서 알려진 일반적인 방법으로 볼록부의 길이 등을 조절함으로써 나노선의 길이나 구성 형태 등을 자유롭게 조절, 제어할 수 있다는 장점

이 있다.

<28> 도 1b를 참조하면, 상기 스탬프(100)상에 나노선 분산 용액(130)이 도포된다. 상기 용액에는 나노선(140)이 분산되어 있으며, 상기 용액은 종래의 졸-겔 합성법에 따라 제조된 나노선을 포함할 수 있다. 따라서, 본 발명에서는 대량 생산이 가능한 졸-겔 합성법에 따라 제조된 나노선 분산 용액을 직접 사용하여 기판상에 나노선 박막을 제조하므로, 공정의 경제성이 우수하다.

<29> 본 발명의 일 실시예에서 상기 나노선으로 N형 반도체인 오산화이바나늄(V_2O_5)를 사용하였으나, 이는 일 예일 뿐 제조하고자 하는 소자의 특성에 따라 다양한 나노선이 사용될 수 있을 뿐, 본 발명은 이에 제한되지 않는다.

<30> 도 1c를 참조하면, 상기 스탬프(100)상에 도포된 나노선 분산용액에 대항 기체를 이용, 블로잉(blowing)한다. 상기 블로잉은 기체를 일정 압력으로 천천히, 지속적으로 불어주는 것을 의미하며, 상기 블로잉 과정에 따라 나노선은 일정 방향으로 정렬될 뿐만 아니라, 상기 나노선이 포함된 용액 중 블로잉 기체와 접하게 되는 용액 일부가 밀리게 됨으로써 스탬프(100)의 볼록부(120) 상의 나노선이 노출되게 된다.

<31> 즉, 본 발명의 일 실시예에서는 상기 블로잉은 스탬프 상의 오목부 및 볼록부 패턴방향과 평행하게 수행하였고, 그 결과 스탬프의 볼록부 (120)상의 분산 용액 일부가 제거되며, 상기 볼록부 패턴 방향에 대하여 수직 방향의 배향성을 가진 나노선(140a)이 외부로 노출된다. 따라서, 본 발명에서는 상기 블로잉 과정을 통하여 나노선의 일정 방향 정렬을 이룰 수 있을 뿐만 아니라, 나노선이 기판에 대하여 직접 접촉, 증착될 수 있는 환경을 제공한다.

<32> 특히 본 발명에서 상기 블로잉은 블로잉 기체의 압력 조건을 제어함으로써 간단히 수행될 수 있다는 점에서 매우 효과적인데, 본 발명의 일 실시예에서 상기 블로잉 압력은 8 내지 12psig의 압력 조건으로 진행하였다. 만약 상기 압력조건보다 약한 경우 나노선이 충분히 정렬되기 어려울 뿐만 아니라 상기 나노선이 분산 용액에서 노출되기 어렵다. 반면, 상기 압력 조건보다 강한 경우 상기 볼록부 상의 모든 분산 용액이 가해지는 블로잉 기체에 의하여 제거되는 문제가 있다. 하지만, 상기 조건은 공정에 따라 선택되는 분산 용액의 점도 조건 등에 따라 적절히 선택될 수 있으며, 상기 압력 범위에 본 발명의 범위가 제한되지 않는다.

<33> 도 1d를 참조하면, 볼록부 상에 노출된 나노선(140a)을 포함하는 상기 스탬프(100)를 기판(150)에 접촉시켜, 상기 나노선을 기판(150) 상에 프린팅하며, 그 결과 기판상에는 일정한 배향성을 가지는 나노선 박막(160)이 적층된다. 상술한 바와 같이, 본 발명에서는 스탬프의 볼록부 상에 정렬된 나노선 만을 기판상에 적층시키므로, 스탬프 볼록부의 길이나 상호 이격거리를 간단히 조절함으로써, 기판 상에 형성되는 나노선 박막의 형태를 제어, 조절할 수 있다.

<34> PDMS 스탬프는 소수성이므로 나노선 분산 용액을 보다 효과적으로 도포하기 위하여 스탬프의 표면을 친수성으로 바꿔주는 전처리가 요구되며, 본 발명의 일 실시예에서는 상기 전처리로 자외선-오존 처리를 하였으나, 당업계에 알려진 다양한 처리 방법, 예를 들면 산소 플라즈마 처리 등도 상기 스탬프 전처리방법으로 사용될 수 있다.

<35> 본 발명의 일 실시예에서 상기 스탬프와 접촉하기 전에 상기 기판은 3-아미노프로필-트리메톡시실란(APS)로 처리되며, 그 결과 스탬프의 볼록부 상의 나노선이 보다 효과적으로 기판상에 프린팅 될 수 있는데, 이는 이하 실시예에서 보다 상세히 설명된다.

<36> 상기 두 번째 과제를 달성하기 위하여, 본 발명은 상술한 나노선 박막 제조 방법에 의하여 형성되며, 일정 방향으로 배향된 나노선 박막을 제공한다.

<37> 또한, 본 발명은 상기 세 번째 과제를 해결하기 위하여, 기체 공급원; 상기 기체 공급원으로부터 유입되는 기체의 압력을 조절하는 압력제어부; 및 사용자의 구동 신호에 따라 기체를 블로잉하는 블로잉부를 포함하는 나노선 박막 제조장치를 제공한다.

<38> 도 2는 본 발명에 따른 나노선 박막 제조장치를 나타내는 블록도이다.

<39> 도 2를 참조하면, 본 발명에 따른 나노선 박막 제조장치는 기체 공급원(200) 및 압력 제어부(210)를 포함하며, 상기 압력 제어부(210)를 통하여 나노선 분산 용액의 점도 등에 대응하는 기체의 블로잉 압력을 사용자가 조절, 제어할 수 있으며, 상기 블로잉부(220)는 스탬프 상의 나노선 분산 용액을 향하여 일정한 압력의 기체를 지속적으로 불어주는 역할을 수행하게 된다.

<40> 상기 압력 제어부는 디지털 방식, 아날로그 방식 어떠한 방식도 가능하므로, 아날로그 형식의 휠 타입 밸브를 사용한 본 발명의 일 실시예에 본 발명이 제한되지 않는다.

<41> 본 발명에서 제공하는 나노선 박막 제조장치는 종래의 복잡한 증착 장치 등과 비교하여 매우 간단한 구성을 가지므로, 공정 조건에 변화에 따라 신속히 대응할 수 있는 장점이 있다.

<42> 또한, 본 발명은 상기 네 번째 과제를 해결하기 위하여 기판 상에 상술한 방법에 따라 나노선 박막을 형성하는 단계; 상기 기판 상에서 상기 나노선 박막과 접촉하며, 상기 나노선 박막에 의하여 연결되는 소오스 및 드레인 전극을 형성하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 전자 소자 제조방법을 제공한다.

<43> 즉, 본 발명은 나노선 박막에 의하여 전기적으로 연결되는 소오스 및 드레인 전극을 포함하는 2 단자 전자 소자를 제공하는데, 본 발명에 의할 때 상기 나노선 박막의 위치, 패턴 등을 손쉽게 사용자가 선택할 수 있다. 따라서 기판상에서 상기 나노선 박막과 연결되는 지점에 소오스 및 드레인을 단순히 적층함으로써 소오스, 드레인 및 이들을 연결하는 나노선 박막을 포함하는 전자 소자를 손쉽게 제조할 수 있다.

<44> 특히, 본 발명에서는 단일 나노선 박막에 의하여 소오스 및 드레인이 연결되는 구조(직렬구조)에 비하여 복수의 나노선 박막이 일정 배향성을 갖는 네트워크 구조인 경우, 상기 전자 소자의 전기적 특성이 매우 안정적이다는 효과를 발견하였으며, 이는 하기 실험예에서 상세히 설명된다.

<45> 상기 다섯 번째 과제를 달성하기 위하여, 본 발명은 기판; 상기 기판 상에서 일정간격으로 이격된 소오스 및 드레인 전극; 및 상기 소오스 및 드레인 전극을 연결하며, 상술한 방법에 따라 기판상에 적층된 나노선 박막을 포함하는 전자 소자를 제공한다.

<46> 상술한 바와 같이, 본 발명에 따른 나노선 박막은 상기 소오스 및 드레인 전극 사이에서 네트워크 구조를 나타내며, 이로써 상기 전자소자는 안정한 전기적 특성을 나타내게 된다.

<47> 이하 바람직한 실시예를 이용하여 본 발명을 설명한다. 하지만, 하기 설명되는 실시예는 본 발명을 예시하기 위한 것일 뿐, 본 발명의 범위가 이에 제한되지 않는다.

<48> 실시예 1

<49> 실시예 1-1

<50> 스탬프 제조

<51> 다우 코닝사로부터 스탬프 재료로 사용되는 PDMS를 구입하였다. 이후 역전이 몰딩 공정으로 상기 PDMS를 오목부와 볼록부의 패턴을 가지는 구조의 스탬프로 제조하였다.

<52> 상기 역전이 몰딩 공정을 살펴보면, 먼저 공정에서 사용하고자 하는 스탬프의 패턴(오목부와 볼록부)을 음각으로 가지는 실리콘 마스터를 제조하였다. 이후, 상기 실리콘 마스터에 PDMS 고분자를 부은 후 경화시키고, 상기 실리콘 마스터로부터 경화된 PDMS 고분자를 탈착시킴으로써 오목부 및 볼록부를 갖는 패턴의 PDMS 스탬프를 제조하였다.

<53> 실시예 1-2

<54> 스탬프 전처리

<55> 상기 패터닝된 스탬프는 소수성의 특성을 가지고 있으므로, 이후 진행되는 공정에서 극성인 용매가 효과적으로 기판 전면에 도포되기 위해서는 상기 기판 전면을 친수성으로 바꾸기 위한 전처리 공정이 요구된다. 따라서 본 실시예에서는 상기 기판 전면을 자외선-오존 처리함으로써 상기 전처리 공정을 진행하였다.

<56> 실시예 1-3

<57> 나노선 분산용액 도포 및 블로잉

<58> 실시예 1-2의 PDMS 스탬프 상에 졸-겔 합성법에 의하여 얻어지는 용액 상의 오산화이바나듐 나노선을 도포하였다. 상기 도포는 피펫을 이용하여 진행하였으며, 도포 후 15분 동안 대기하면서, 상기 나노선 분산 용액이 기판 상에 충분히 도포되도록 하였다. 이후, 상기 나노선 분산 용액을 향하여 질소를 8psig의 압력 조건으로 블로잉하였는데, 이때 블로잉의 방향은 상기 스탬프의 볼록부와 오목부의 패턴방향과 평행한 방향이었다. 즉, 본 실시예에서는 8psig의 압력조건으로 질소를 천천히, 지속적으로 블로잉하면서, 나노선 분산 용액이 스탬프의 볼록부 상에서 제거되지 않으면서도, 상기 분산 용액의 나노선이 일정한 방향성을 가지면서 정렬될 수 있게 하였다. 상

기 블로잉 조건은 나노선 분산 용액의 특성, 스탬프의 크기 또는 패턴 등에 따라 다른 범위에서 적절히 조절될 수 있으며, 본 발명의 상기 블로잉 공정 조건에 대한 최적의 선택만으로도 매우 효과적인 나노선 박막의 제조가 가능하다.

<59> 실시예 1-4

<60> 나노선 박막의 제조

<61> 실시예 1-3의 스탬프를 이용하여 실리콘 기판상에 나노선 박막을 제조한다. 상기 나노선 박막의 제조 공정을 살펴보면, 상기 실시예 1-3의 스탬프를 실리콘 기판상에 접촉시키기 이전에, 먼저 상기 실리콘 기판을 APS(3-아미노프로필-트리메톡시실란)로 전처리하였다.

<62> 본 발명에 따른 나노선 박막의 형성 과정을 살펴보면 아래와 같다.

<63> 도 3a 내지 3c는 본 발명의 일 실시예에 따른 나노선 박막의 형성단계를 나타내는 단면도이다.

<64> 도 3a 및 3b를 참조하면, 상기 블로잉 단계를 거침으로써 일정 방향으로 배향된 나노선 박막을 상부에 포함하는 스탬프(400)를 APS로 전처리한 실리콘 기판(420)에 접촉시켰다.

<65> 이때, 상기 나노선에 대하여 높은 친화성을 보이는 APS에 의하여 상기 스탬프(400)의 볼록부 상의 나노선(410a)은 상기 기판(420)과 강한 결합을 하게 된다. 하지만, 이 경우 오목부의 나노선(410b)은 기판(420)과 직접 접촉을 하지 않게 되는데, 이는 상기 스탬프의 오목부와 볼록부의 높이 차에 기인하는 것이다.

<66> 도 3c를 참조하면, 상기 스탬프(400)를 기판(420)에 접촉시킨 후, 5분 경과후 상기 기판(420)으로부터 상기 스탬프(400)를 떼어내었다. 이 과정에서, 스탬프의 상기 볼록부 상의 일부 나노선(410a)은 상기 기판(420)과의 강한 결합에 의하여 나노선으로부터 끊어지므로, 상기 스탬프(400)의 볼록부 상의 나노선(410a)이 기판 상에 프린팅된다.

<67> 도 4a 및 4b는 본 발명의 실시예에서 사용한 상기 스탬프의 원자힘 현미경 사진이며, 도 4a는 기판과 접촉하기 전, 도 4b는 기판과 접촉한 후의 사진이다.

<68> 도 4a 및 4b를 참조하면, 스탬프의 볼록부 상에 형성된 나노선(도 4a)이 기판과의 접촉 후 상기 스탬프로부터 사라지지만, 오목부 상에 형성된 나노선은 접촉 후에도 스탬프 상에서 유지된다(도 4b). 따라서, 이상의 결과로부터 스탬프의 볼록부 상의 나노선이 기판상에 프린팅되는 것을 알 수 있다.

<69> 실험예 1

<70> 상술한 제조 방법에 따라 기판 상에 형성된 나노선 박막의 원자힘 현미경 사진을 도 5a 내지 5d에 나타낸다.

<71> 도 5a 내지 5d를 참조하면, 본 발명에 따른 방법에 의하여 나노선 박막은 일정한 방향성을 가지며, 스탬프의 볼록부 패턴에 따라 기판상에 형성되는 것을 알 수 있다.

<72> 특히 상기 도면에서 각 나노선 박막의 너비가 상이한 것을 알 수 있는데, 이는 본 실험예에서 각기 상이한 볼록부 너비를 갖는 스탬프를 이용하여 나노선 박막을 제조하였기 때문이며, 이는 스탬프 볼록부의 간단한 패턴 변경만으로 용액 상태에서 적층되는 나노선 박막의 너비, 패턴 등을 조절할 수 있다는 것을 의미한다.

<73> 실험예 2

<74> 실시예 1에서 나노선 박막(오산화이바나늄)이 정렬된 기판 상에 전자 빔 리쏘그래피 기술과 리프트 오프(lift-off) 기술을 이용하여 소오스-드레인 전극을 형성함으로써, 본 발명에 따라 제조된 나노선 박막을 포함하는 전자 소자를 제조하였다. 이때 전자 빔 레지스트는 2층으로 하였는데, Macro Chem으로부터 구입한 PMMA 950K/공중합체이었다. 또한 상기 전극 재료로는 티탄(20nm)/금(80nm)이었다.

<75> 본 실험예에서는 상기 소오스 및 드레인 전극을 연결하는 나노선 박막의 형태를 두 가지로 나누어 분석하였다.

<76> 도 6a 및 6b는 소오스 및 드레인 전극 사이의 다른 패턴을 취하는 나노선 박막을 나타낸다.

<77> 도 6a 및 6b를 참조하면, 하나의 나노선 박막이 직접 소오스/드레인 전극을 연결하는 직렬구조(도 6a)와, 복수의 나노선 박막이 일정한 방향성을 갖는 네트워크를 이루면서 소오스/드레인 전극을 연결하는 네트워크 구조(도 6b)가 전자 소자의 형태로 가능하다.

<78> 상기 제조된 두 형태의 전자 소자에 대한 바이어스 전압(bias voltage) 대비 전류(current) 특성을 분석하였으

며, 이는 도 7a 및 7b에 나타난다.

<79> 도 7a는 나노선 박막이 직렬구조를 나타내는 소자의 분석 그래프인데, 도 7a를 참조하면, 전압이 증가하는 동안 보였던 전류 양상이 전압을 다시 가역적으로 낮출때는 다소 상이하게 바뀌는 것을 알 수 있다. 즉, 직렬 구조의 나노선 박막을 포함하는 전자 소자는 높은 전기적 불안정성의 큰 히스테리시스 특성을 보인다.

<80> 반면, 도 7b는 전류의 양상이 모두 동일하므로, 낮은 히스테리시스 특성을 보이는 것을 알 수 있으며, 이로부터 상기 나노선 박막이 일정한 방향성을 가지는 네트워크 구조를 이룰 때 매우 안정한 전자 소자를 제조할 수 있음을 알 수 있다.

도면의 간단한 설명

<81> 도 1a 내지 1d는 본 발명에 따른 나노선 박막 제조 방법을 나타내는 단계도이다.

<82> 도 2는 본 발명에 따른 나노선 박막 제조장치를 나타내는 블록도이다.

<83> 도 3a 내지 3c는 본 발명의 일 실시예에 따른 나노선 박막의 형성단계를 나타내는 단면도이다.

<84> 도 4a 및 4b는 본 발명의 실시예의 스탬프에 대한 원자힘 현미경 사진이다.

<85> 도 5a 내지 5d는 본 발명에 따라 제조된 나노선 박막의 원자힘 현미경 사진이다.

<86> 도 6a 및 6b는 소오스 및 드레인 전극 사이의 다른 패턴을 취하는 나노선 박막을 나타내는 원자힘 현미경 사진이다.

<87> 도 7a 및 7b는 본 발명에 따라 제조된 두 가지 형태의 나노선 박막을 포함하는 전자 소자의 바이어스 전압 대비 전류 특성을 나타내는 그래프이다.

<88> <도면의 주요 부분에 대한 부호의 설명>

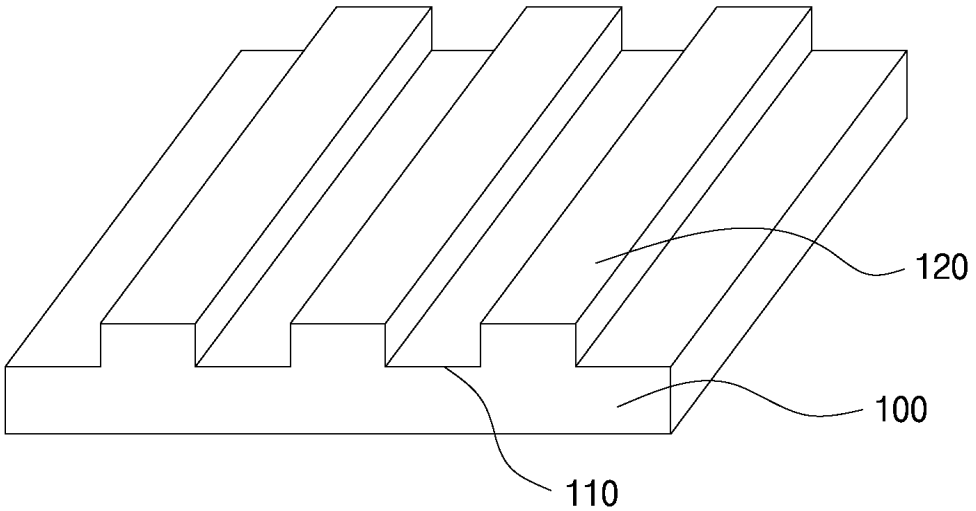
<89> 100..... 스탬프 110..... 오목부

<90> 120..... 볼록부 140..... 나노선

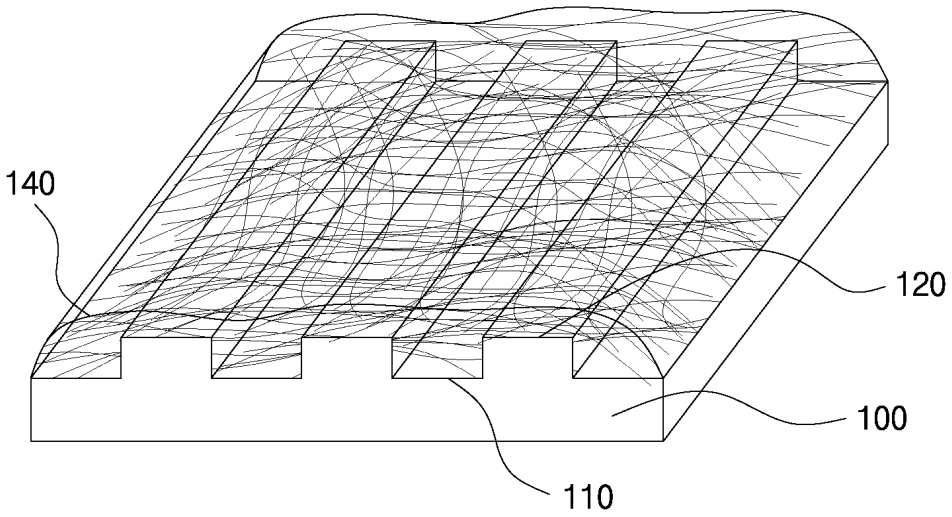
<91> 150..... 기판 160..... 나노선 박막

도면

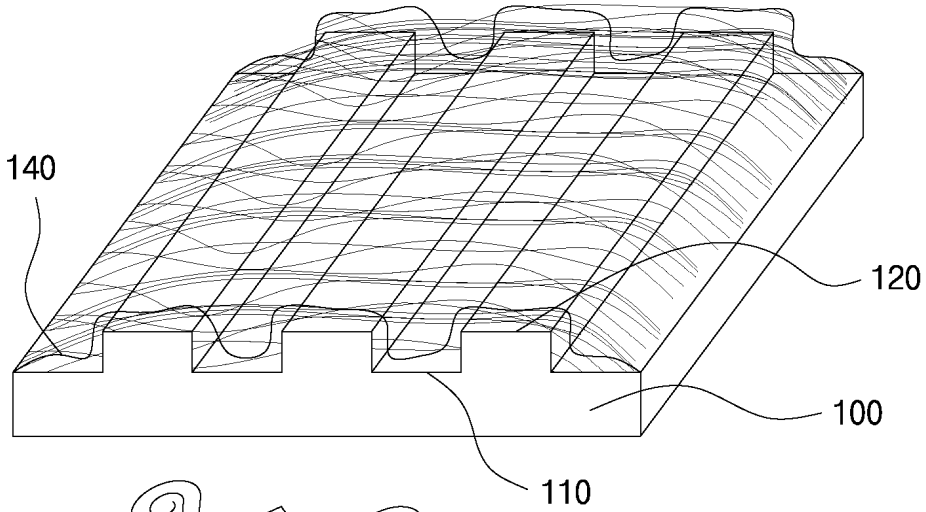
도면1a



도면1b

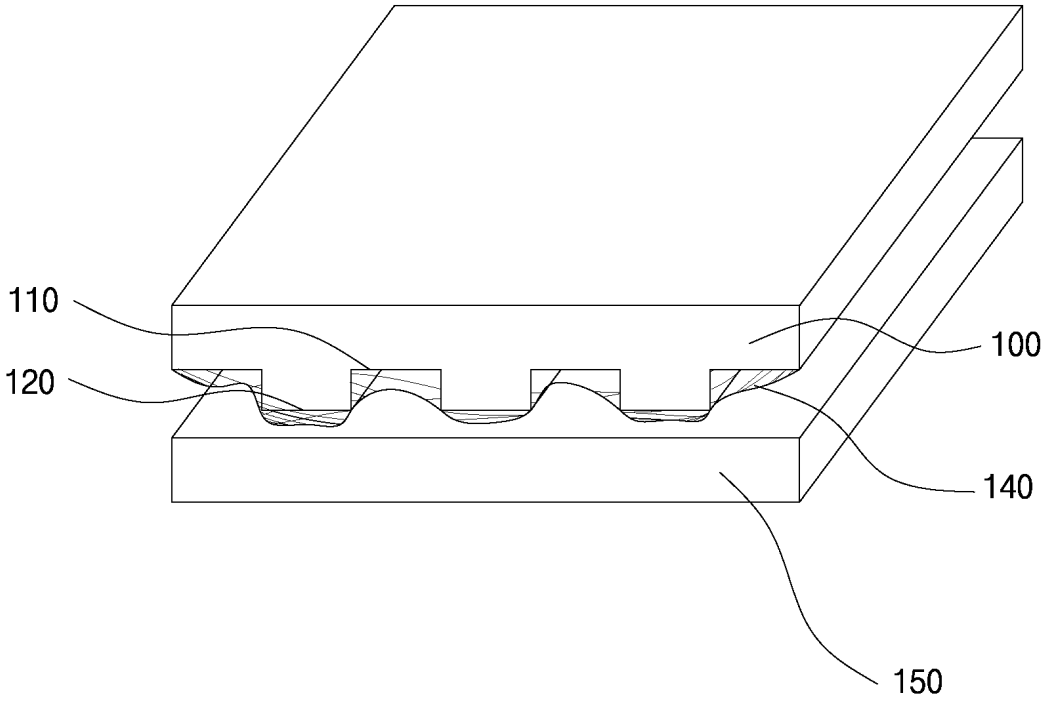


도면1c

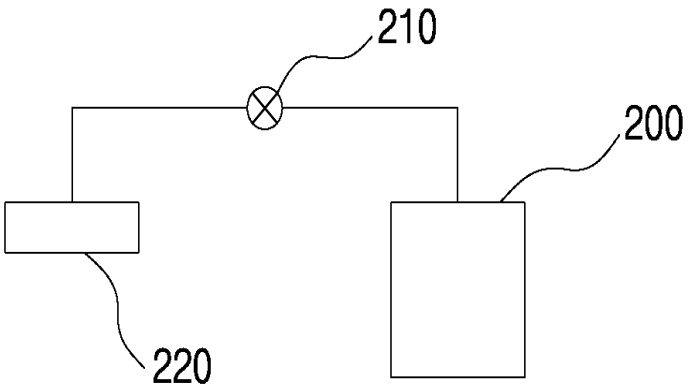


기체

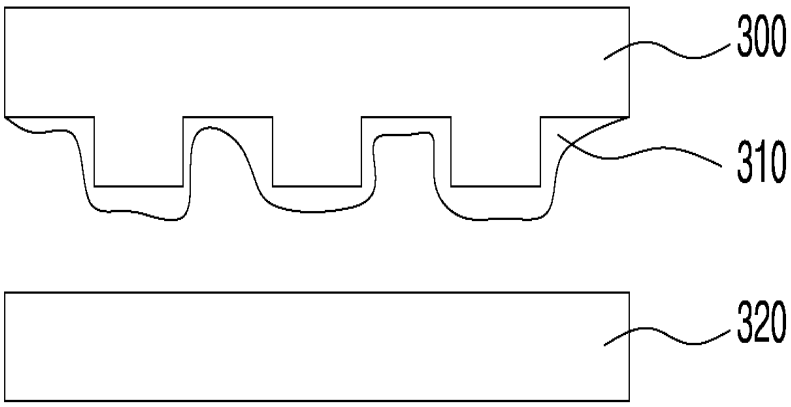
도면1d



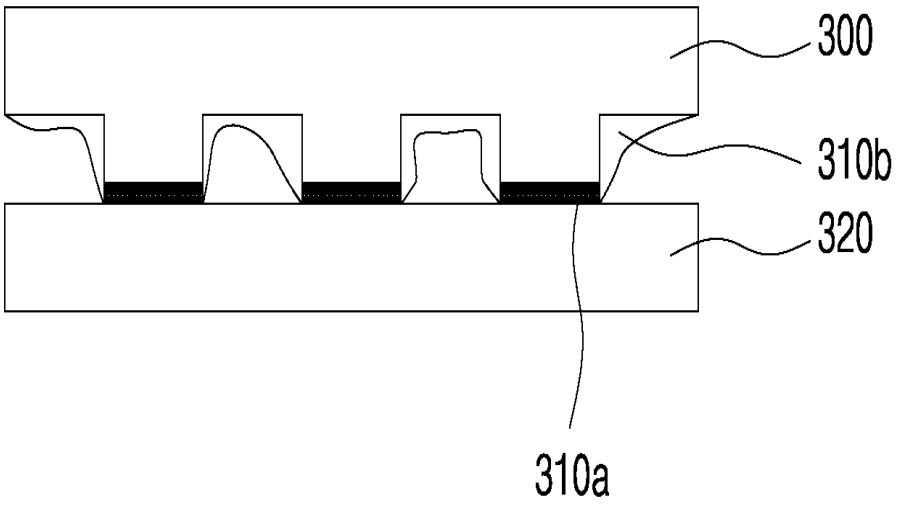
도면2



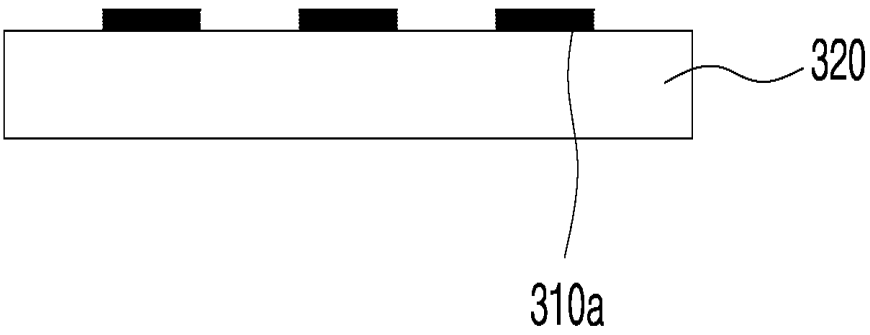
도면3a



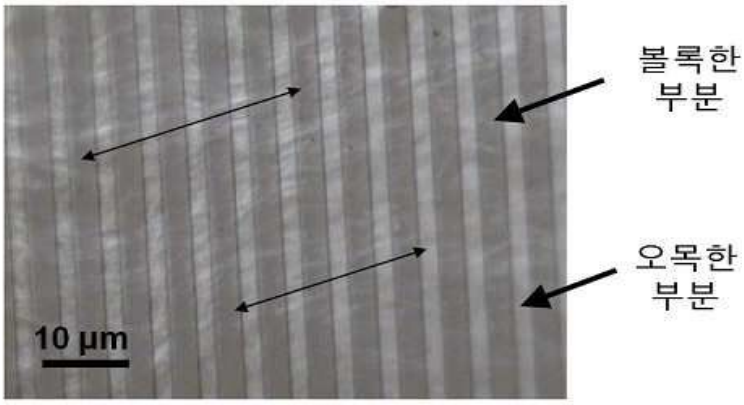
도면3b



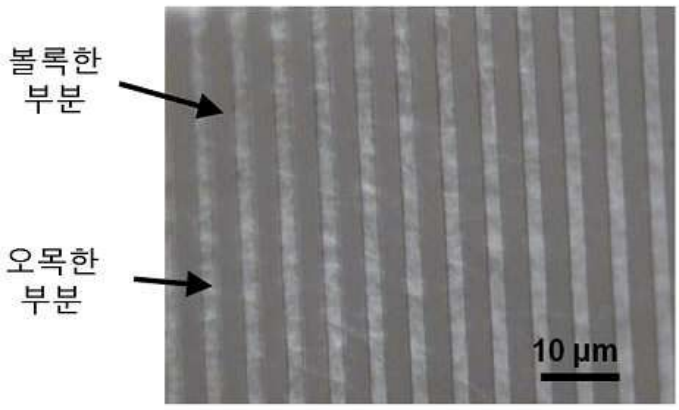
도면3c



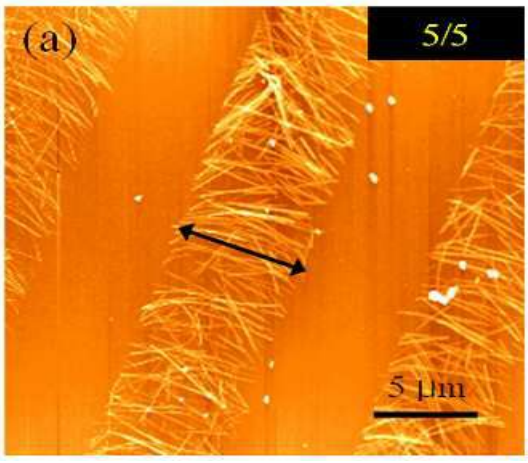
도면4a



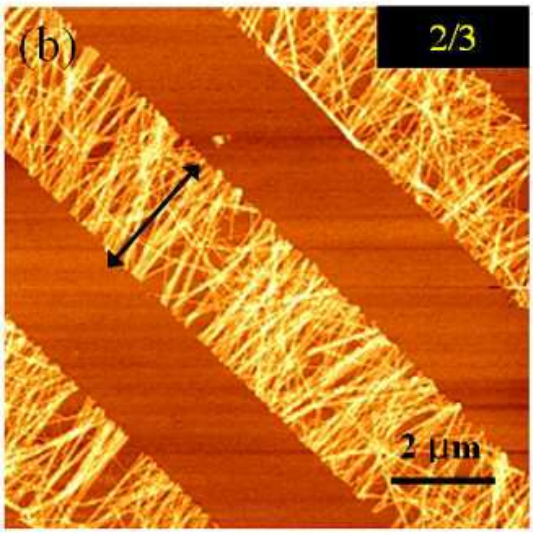
도면4b



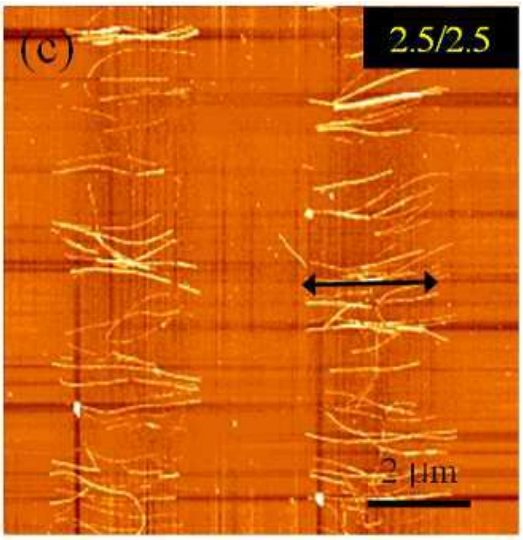
도면5a



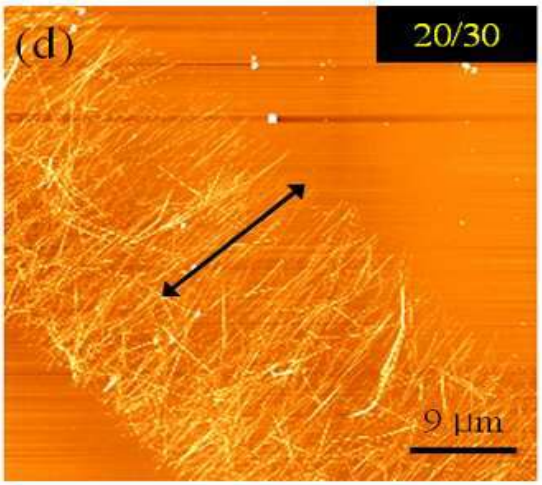
도면5b



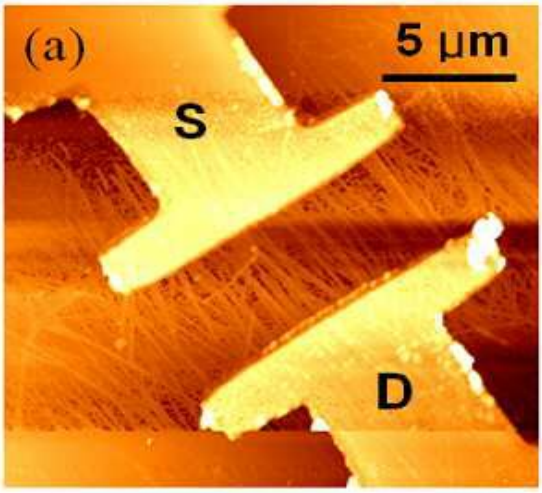
도면5c



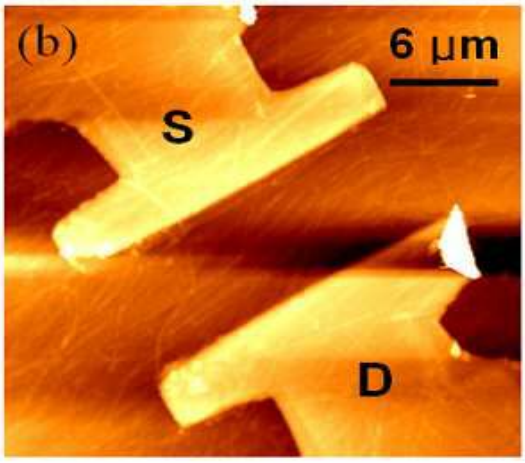
도면5d



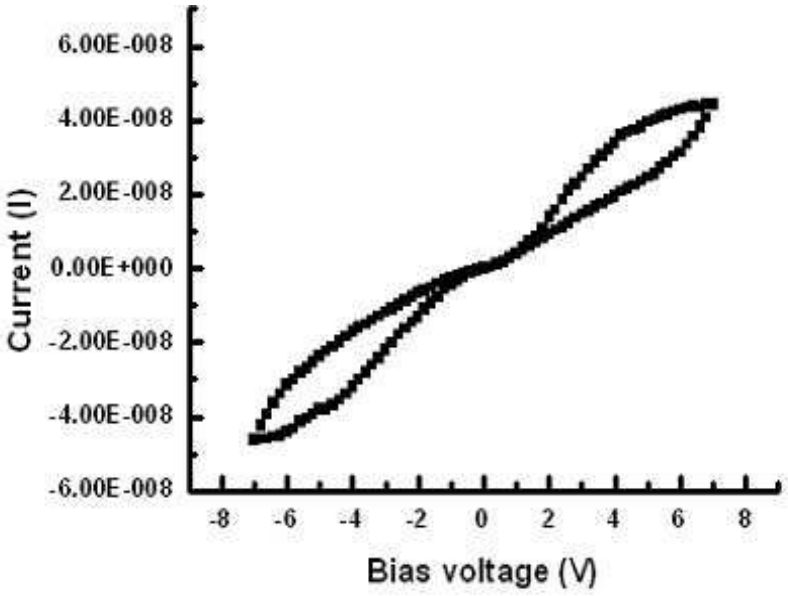
도면6a



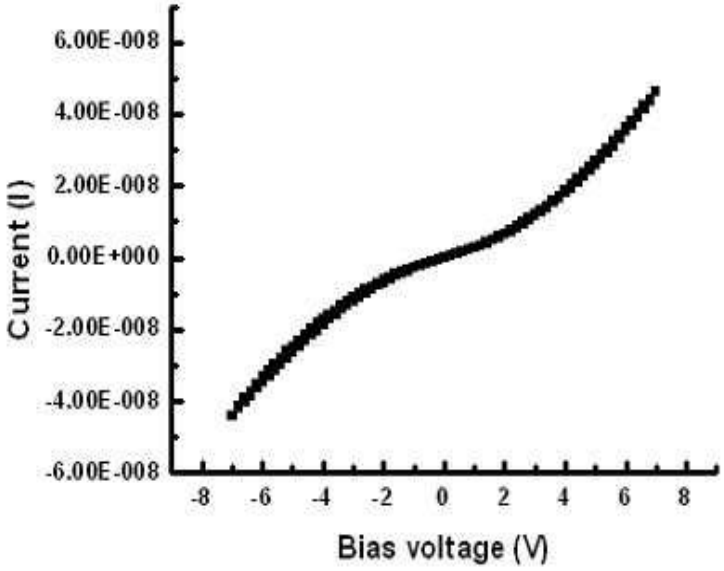
도면6b



도면7a


6.00E-008
4.00E-008
2.00E-008
0.00E+000
-2.00E-008
-4.00E-008
-6.00E-008
Current (I)
-8
-6
-4
-2
0
2
4
6
8
Bias voltage (V)

도면7b


6.00E-008
4.00E-008
2.00E-008
0.00E+000
-2.00E-008
-4.00E-008
-6.00E-008
Current (I)
-8
-6
-4
-2
0
2
4
6
8
Bias voltage (V)