



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2011-0003762
(43) 공개일자 2011년01월13일

(51) Int. Cl.

B82B 3/00 (2006.01) B82B 1/00 (2006.01)

G01N 27/00 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2009-0061199

(22) 출원일자 2009년07월06일

심사청구일자 2009년07월06일

(71) 출원인

서울대학교산학협력단

서울 관악구 신림동 산 56-1

고려대학교 산학협력단

서울 성북구 안암동5가 1

(72) 발명자

홍승훈

서울특별시 송파구 잠실동 아시아선수촌아파트
6-205

이민백

경상남도 하동군 금남면 노량리 375번지

(74) 대리인

이원희

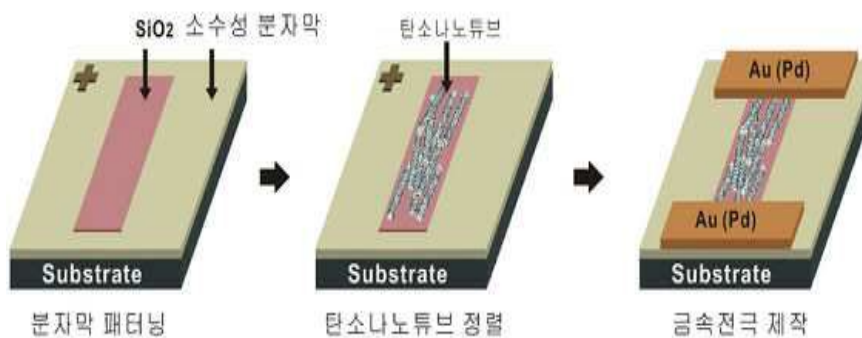
전체 청구항 수 : 총 12 항

(54) 탄소나노튜브 채널을 이용한 센서의 제조방법 및 이에 따라 제조되는 감응성이 향상된 센서

(57) 요약

탄소나노튜브 채널을 이용한 센서의 제조방법 및 이에 따라 제조되는 감응성이 향상된 센서에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 고체 기판 위에 소수성 분자막을 패터닝하여 탄소나노튜브의 채널 폭이 100 - 400 nm 범위인 기판을 제조하는 단계(단계 1); 상기 단계 1에서 제조된 기판을 탄소나노튜브가 분산된 용액에 담궈, 소수성 분자막이 패터닝되지 않은 탄소나노튜브 채널에 탄소나노튜브를 증착시키는 단계(단계 2); 및 상기 단계 2에서 제조된 기판에 전극을 증착시키는 단계(단계 3)를 포함하는 탄소나노튜브 채널을 이용한 센서의 제조방법을 제공한다. 본 발명에 따른 탄소나노튜브 채널을 이용한 센서의 제조방법은 표면 유도 조립 방법(Surface Programmed Assembly)을 이용하여 탄소나노튜브 채널의 제조방법이 간단하고, 그물망처럼 얽힌 탄소나노튜브 채널을 제공하여 탄소나노튜브의 전기적 특성(즉, 저항, 컨덕턴스, 트랜스 컨덕턴스)이 향상되므로, 뛰어난 감응성을 요하는 센서에 유용하게 사용할 수 있다.

대표도 - 도1



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 GR070045

부처명 서울시

연구관리전문기관

연구사업명 기술기반 구축(일반)사업

연구과제명 안전한 식수확보를 위한 신속 정확한 휴대형 유해물질 검출시스템 개발

기여율

주관기관 고려대학교 산학협력단

연구기간 2007년 08월 01일 ~ 2009년 07월 31일

특허청구의 범위

청구항 1

고체 기판 위에 소수성 분자막을 패터닝하여 탄소나노튜브의 채널 폭이 100 - 400 nm 범위인 기판을 제조하는 단계(단계 1);

상기 단계 1에서 제조된 기판을 탄소나노튜브가 분산된 용액에 담궈, 소수성 분자막이 패터닝되지 않은 탄소나노튜브 채널에 탄소나노튜브를 증착시키는 단계(단계 2); 및

상기 단계 2에서 제조된 기판에 전극을 증착시키는 단계(단계 3)를 포함하는 탄소나노튜브 채널을 이용한 센서의 제조방법.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 단계 1의 고체 기판은 SiO_2 , ITO 및 Si로 이루어지는 군으로부터 선택되는 것을 특징으로 하는 탄소나노튜브 채널을 이용한 센서의 제조방법.

청구항 3

제1항에 있어서, 상기 단계 1의 소수성 분자막은 Octadecyltrichlorosilane(OTS), Octadecyltrimethoxysilane(OTMS) 및 Octadecyltriethoxysilane(OTE)로 이루어지는 군으로부터 선택되는 것을 특징으로 하는 탄소나노튜브 채널을 이용한 센서의 제조방법.

청구항 4

제1항에 있어서, 상기 단계 1의 패터닝은 딥-펜 나노리소그래피, 포토리소그래피, 전자빔 리소그래피 및 이온-빔 리소그래피 중 어느 하나의 방법으로 수행되는 것을 특징으로 하는 탄소나노튜브 채널을 이용한 센서의 제조방법.

청구항 5

제4항에 있어서, 상기 패터닝은 포지티브 레지스트인 것을 특징으로 하는 탄소나노튜브 채널을 이용한 센서의 제조방법.

청구항 6

제1항에 있어서, 상기 단계 2의 탄소나노튜브가 분산된 용액에 사용되는 용매는 1,2-다이클로로벤젠, 1,3,4-트리클로로벤젠, 1,3-다이클로로벤젠, 다이클로로에탄 및 클로로벤젠으로 이루어지는 군으로부터 선택되는 것을 특징으로 하는 탄소나노튜브 채널을 이용한 센서의 제조방법.

청구항 7

제6항에 있어서, 상기 용액의 탄소나노튜브 함량은 0.95 - 0.15 mg/ml 범위인 것을 특징으로 하는 탄소나노튜브 채널을 이용한 센서의 제조방법.

청구항 8

제1항에 있어서, 상기 단계 3의 전극은 팔라듐, 알루미늄, 티타늄 및 금으로 이루어지는 군으로부터 선택되는 것을 특징으로 하는 탄소나노튜브 채널을 이용한 센서의 제조방법.

청구항 9

제1항에 있어서, 상기 단계 3의 전극증착은 화학기상증착, 프린팅, 기상증착 및 스퍼터링 중 어느 하나의 방법으로 수행되는 것을 특징으로 하는 탄소나노튜브 채널을 이용한 센서의 제조방법.

청구항 10

감응성이 향상된 제1항의 제조방법으로 제조되는 탄소나노튜브 채널을 이용한 센서.

청구항 11

제10항에 있어서, 상기 센서는 수은 이온에 대한 감응성이 향상된 것을 특징으로 하는 탄소나노튜브 채널을 이용한 센서.

청구항 12

탄소나노튜브 채널에 그물망처럼 얹힌 다수의 탄소나노튜브를 증착시킴으로써 탄소나노튜브의 전기적 특성을 향상시키는 것을 특징으로 하는 센서의 감응성 증강방법.

명세서

발명의 상세한 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 탄소나노튜브 채널을 이용한 센서의 제조방법 및 이에 따라 제조되는 감응성이 향상된 센서에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 탄소나노튜브(Carbon Nanotube)는 지구상에 다량으로 존재하는 탄소로 이루어진 탄소 동소체로서 하나의 탄소가 다른 탄소원자와 육각형 벌집무늬로 결합되어 튜브형태를 이루고 있는 물질이며, 튜브의 직경이 나노미터(nm =10⁻⁹미터) 수준으로 극히 작은 영역의 물질이다. 탄소나노튜브는 우수한 기계적 특성, 전기적 선택성, 뛰어난 전계방출 특성, 고효율의 수소저장매체 특성 등을 지니며 현존하는 물질 중 결합이 거의 없는 완벽한 신소재로 알려져 있다. 또한, 탄소나노튜브는 역학적 견고성과 화학적 안정성이 뛰어나고, 반도체와 도체의 성질을 모두 띌 수 있으며, 직경이 작고 길이가 상대적으로 매우 긴 특성 때문에, 평판표시소자, 트랜지스터, 에너지 저장체 등의 소재로서 뛰어난 성질을 보이고, 나노크기의 각종 전자소자로서의 응용성이 매우 크다. 따라서, 탄소나노튜브를 이용한 소자의 개발에 대한 관심이 높아지고 있다.

[0003] 반면, 종래 기술에서 제조된 탄소나노튜브를 이용한 센서에서는 금속의 성질을 가진 탄소나노튜브와 반도체의 성질을 가진 탄소나노튜브가 대략 1:2의 비율로 섞여 있기 때문에 탄소나노튜브의 반도체 특성에 대한 신뢰성이 떨어지는 문제가 있다.

[0004] 또한, 표면 유도 조립 방법(Surface Programmed Assembly)을 이용한 탄소나노튜브의 제조방법을 들 수 있는데,

소수성의 분자막을 먼저 패터닝하여 기판 표면에 탄소나노튜브를 원하는 구조로 집적할 수 있는 기술이다. 대한민국 등록특허 제10-0736361호에는 미끄러운 분자막을 이용하여 고체 표면에 나노구조를 선택적으로 위치 또는 정렬시키는 방법 및 그 응용에 관한 것으로, 고체 표면에 탄소나노튜브를 선택적으로 증착하는 방법이 기재되어 있다. 또한, 대한민국 공개특허 제10-2007-0112733호에는 표면 유도 조립 방법(SAP)을 이용한 나노구조의 정렬 기술 및 그 응용방법에 관한 것으로, 고체 표면 위에 있는 나노구조들의 패터닝이 가능하고, 마이크로 미터 크기의 패턴에서 나노미터 크기의 분해능으로 나노구조들을 정렬하는 방법이 기재되어 있다. 그러나, 상기 방법들은 나노 소자들의 전기적 특성이 불균일한 분포를 보이는 문제가 있다.

[0005] 이에, 본 발명자들은 탄소나노튜브를 이용한 센서를 연구하던 중, 자기조립법을 이용하여 탄소나노튜브 채널을 간단하게 제조하고, 그물망처럼 얽힌 탄소나노튜브를 이용함으로써 센서의 감응성을 향상시킬 수 있음을 알아내고, 본 발명을 완성하였다.

발명의 내용

해결 하고자하는 과제

[0006] 본 발명의 목적은 탄소나노튜브 채널을 이용한 센서의 제조방법을 제공하는 데 있다.

[0007] 또한, 본 발명의 다른 목적은 상기 제조방법으로 제조되는 감응성이 향상된 센서를 제공하는 데 있다.

과제 해결수단

[0008] 상기 목적을 달성하기 위해, 본 발명은 고체 기판 위에 소수성 분자막을 패터닝하여 탄소나노튜브의 채널 폭이 100 - 400 nm 범위인 기판을 제조하는 단계(단계 1); 상기 단계 1에서 제조된 기판을 탄소나노튜브가 분산된 용액에 담귀, 소수성 분자막이 패터닝되지 않은 탄소나노튜브 채널에 탄소나노튜브를 증착시키는 단계(단계 2); 및 상기 단계 2에서 제조된 기판에 전극을 증착시키는 단계(단계 3)를 포함하는 탄소나노튜브 채널을 이용한 센서의 제조방법을 제공한다.

[0009] 또한, 본 발명은 감응성이 향상된 센서를 제공한다.

효 과

[0010] 본 발명에 따른 탄소나노튜브 채널을 이용한 센서의 제조방법은 표면 유도 조립 방법(Surface Programmed Assembly)을 이용하여 탄소나노튜브 채널의 제조방법이 간단하고, 그물망처럼 얽힌 탄소나노튜브를 제공하여 탄소나노튜브의 전기적 특성(즉, 저항, 컨덕턴스, 트랜스 컨덕턴스)이 향상되므로, 뛰어난 감응성을 요하는 센서에 유용하게 사용할 수 있다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

[0011] 본 발명은 고체 기판 위에 소수성 분자막을 패터닝하여 탄소나노튜브의 채널 폭이 100 - 400 nm 범위인 기판을 제조하는 단계(단계 1); 상기 단계 1에서 제조된 기판을 탄소나노튜브가 분산된 용액에 담귀, 소수성 분자막이 패터닝되지 않은 탄소나노튜브 채널에 탄소나노튜브를 증착시키는 단계(단계 2); 및 상기 단계 2에서 제조된 기판에 전극을 증착시키는 단계(단계 3)를 포함하는 탄소나노튜브 채널을 이용한 센서의 제조방법을 제공한다.

[0012] 이하, 본 발명을 단계별로 상세히 설명한다.

[0013] 먼저, 본 발명에 따른 상기 단계 1은 고체 기판 위에 소수성 분자막을 패터닝하는 단계이다.

[0014] 상기 단계 1에서 사용되는 고체 기판은 SiO₂, ITO 및 Si 등을 사용할 수 있으나, 소수성 분자막이 증착될 수 있

는 기관이라면 어떤 것이든 사용할 수 있어, 이에 제한되는 것은 아니다.

- [0015] 또한, 상기 단계 1의 소수성 분자막은 Octadecyltrichlorosilane(OTS), Octadecyltrimethoxysilane(OTMS) 및 Octadecyltriethoxysilane(OTE) 등을 사용할 수 있다.
- [0016] 나아가, 상기 단계 1의 패터닝은 딥-웬 나노리소그래피, 포토리소그래피, 전자빔 리소그래피 및 이온-빔 리소그래피 등으로 수행되는 것이 바람직하며, 상기 패터닝은 포지티브 레지스트(positive resist)인 것이 바람직하다. 이때, 상기 패터닝을 통하여 탄소나노튜브 채널 폭이 100 - 400 nm 범위로 제조되어, 반도체 특성을 지니는 탄소나노튜브의 비율이 높아질 수 있다.
- [0017] 다음으로, 본 발명에 따른 상기 단계 2는 상기 단계 1에서 제조된 기관을 탄소나노튜브가 분산된 용액에 담귀, 소수성 분자막이 패터닝되지 않은 탄소나노튜브 채널에 탄소나노튜브를 증착시키는 단계이다.
- [0018] 상기 단계 2의 탄소나노튜브가 분산된 용액에 사용되는 용매는 1,2-다이클로로벤젠, 1,3,4-트리클로로벤젠, 1,3-다이클로로벤젠, 다이클로로에탄 및 클로로벤젠 등을 사용할 수 있고, 상기 용매에 함유되는 탄소나노튜브 함량은 0.95 - 0.15 mg/ml 범위인 것이 바람직하다. 만약, 상기 탄소나노튜브 함량이 0.95 mg/ml 미만인 경우에는 탄소나노튜브의 함량이 적어 전기적 특성이 나타나지 않는 문제가 있고, 0.15 mg/ml을 초과하는 경우에는 반응 효율의 관점에서 다수의 미반응 탄화수소가 존재하는 문제가 있다. 이때, 탄소나노튜브는 반데르발스 힘에 의해 소수성 분자막을 제외한 영역에 증착된다.
- [0019] 다음으로, 본 발명에 따른 상기 단계 3은 상기 단계 2에서 제조된 기관에 전극을 증착시키는 단계이다.
- [0020] 상기 단계 3의 전극은 팔라듐, 알루미늄, 티타늄 및 금 등을 사용할 수 있다.
- [0021] 또한, 상기 단계 3의 전극증착은 화학기상증착, 프린팅, 기상증착 및 스퍼터링 등의 방법으로 수행될 수 있다.
- [0022] 본 발명에 따른 탄소나노튜브 채널을 이용한 센서의 제조방법은 탄소나노튜브 채널에 그물망처럼 얹힌 탄소나노튜브가 형성되어 감응성이 향상된 센서를 제공한다.
- [0023] 본 발명에 제조방법으로 제조되는 센서의 탄소나노튜브는 수은 이온과 반응하여 산화-환원 반응이 일어나고, 수은 이온은 탄소나노튜브에 양전하를 제공하여 전기적 특성의 탄소나노튜브 캐리어 수가 증가하므로, 탄소나노튜브의 컨덕턴스를 증가시켜 수은 이온에 대한 감응성이 향상된다.
- [0024] 이하, 본 발명을 실시예에 의해 더욱 상세히 설명한다. 단, 하기의 실시예는 발명을 예시하는 것일 뿐, 본 발명의 내용이 하기 실시예에 의해 제한되는 것은 아니다.
- [0025] <실시예 1> 100 nm의 탄소나노튜브 채널을 가진 센서의 제조
- [0026] 단계 1: 산화규소 고체 기관 위에 소수성 분자막을 패터닝하는 단계
- [0027] 산화규소 고체 기관 위에 리소그래피를 이용하여 Octadecyltrichlorosilane(OTS)를 1 μ m 이하의 좁은 폭으로 패터닝 하였다.
- [0028] 단계 2: 탄소나노튜브가 분산된 용액에 기관을 담귀 탄소나노튜브를 증착시키는 단계
- [0029] 다이클로로벤젠 용매에 탄소나노튜브 0.1 mg/ml를 분산시켜 상기 소수성 분자막이 패터닝된 산화규소 고체 기관을 10 초 동안 담귀 후 다이클로로벤젠으로 세척하였다.
- [0030] 단계 3: 산화규소 고체 기관에 전극을 증착시키는 단계
- [0031] 산화규소 고체 기관에 전극을 증착시키기 위해 금 금속을 스퍼터링으로 증착하여 탄소나노튜브 채널이 형성된 센서를 제조하였다.

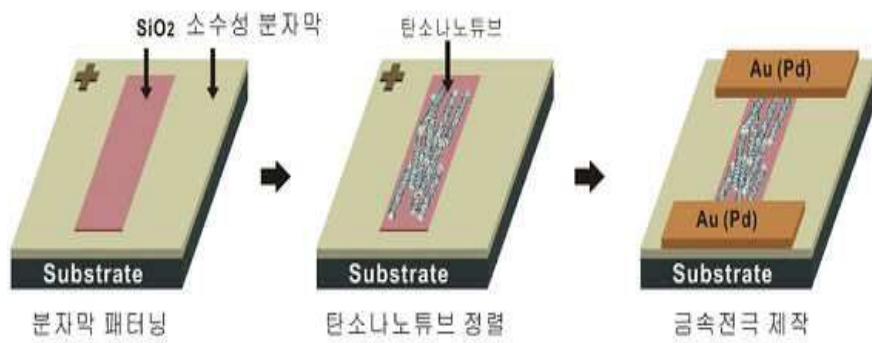
- [0032] <실시예 2> 400 nm의 탄소나노튜브 채널을 가진 센서의 제조
- [0033] 탄소나노튜브 채널의 폭이 400 nm인 것을 제외하고는, 상기 실시예 1과 동일한 방법으로 탄소나노튜브 채널을 형성된 센서를 제조하였다.
- [0034] <비교예 1> 1000 nm의 탄소나노튜브 채널을 가진 센서의 제조
- [0035] 탄소나노튜브 채널의 폭이 1000 nm인 것을 제외하고는, 상기 실시예 1과 동일한 방법으로 탄소나노튜브 채널을 형성된 센서를 제조하였다.
- [0036] <실험예 1> 100 nm의 탄소나노튜브 채널을 가진 센서의 게이트 전압과 온-오프(on-off) 비율 분석
- [0037] 100 nm의 탄소나노튜브 채널을 가진 센서의 게이트 전압과 온-오프(on-off) 비율을 분석하기 위해 게이트 전압과 온-오프(on-off) 비율을 측정하고, 그 결과를 도 2에 나타내었다.
- [0038] 도 2에 나타난 바와 같이, 상기 실시예 1에서 제조된 100 nm의 탄소나노튜브 채널에서 반도체 특성을 지니는 탄소나노튜브의 비율이 증가한 것을 알 수 있다.
- [0039] <실험예 2> 100 nm의 탄소나노튜브 채널을 가진 센서의 수은 이온에 대한 컨덕턴스 측정
- [0040] 100 nm의 탄소나노튜브 채널을 가진 센서의 수은 이온에 대한 컨덕턴스의 변화를 측정하고, 그 결과를 도 3에 나타내었다.
- [0041] 도 3에 나타난 바와 같이, 탄소나노튜브는 수은 이온과 반응하여 산화-환원 반응이 일어나 이를 이용하여 용액 상의 수은 이온을 검지할 수 있다. 탄소나노튜브와 수은 이온이 산화-환원 반응을 하면서 수은 이온은 탄소나노튜브에 양전하를 제공하여 반도체 특성 탄소나노튜브의 캐리어 수를 증가시켜 탄소나노튜브의 컨덕턴스가 증가하게 된다. 상기 비교예 1인 1000 nm의 탄소나노튜브 채널을 가진 센서에서는 수은 이온에 대한 컨덕턴스 변화가 나타나지 않았으며, 상기 실시예 2인 400 nm의 탄소나노튜브 채널을 가진 센서에서는 수은 이온에 대한 컨덕턴스 변화가 나타나기 시작하였다. 상기 실시예 3인 100 nm의 탄소나노튜브 채널을 가진 센서에서 수은 이온에 대한 컨덕턴스 변화가 큰 폭으로 나타난 것을 알 수 있다. 따라서, 상기 실시예인 100 nm 탄소나노튜브 채널을 이용하면 탄소나노튜브의 캐리어 수의 증가로 감응성이 향상됨을 알 수 있다.

도면의 간단한 설명

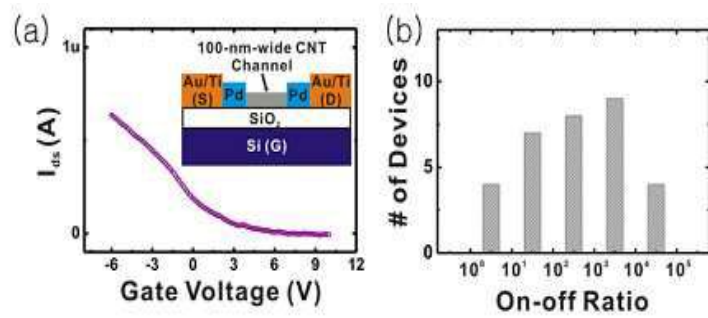
- [0042] 도 1은 본 발명에 따른 100 nm의 탄소나노튜브 채널을 가진 센서를 제조하는 방법을 나타낸 모식도이고;
- [0043] 도 2는 본 발명에 따른 100 nm의 탄소나노튜브 채널을 가진 센서의 게이트 전압(a)과 온-오프(on-off) 비율 분포(b)를 나타낸 그래프이고; 및
- [0044] 도 3은 본 발명에 따른 100 nm의 탄소나노튜브 채널을 가진 센서의 수은 이온 검지 개념도(a)와 수은 이온에 대한 컨덕턴스 변화(b)를 나타낸 그래프이다.

도면

도면1



도면2



도면3

