



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2010-0116433
(43) 공개일자 2010년11월01일

(51) Int. Cl.

H01L 29/78 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2009-0035125

(22) 출원일자 2009년04월22일

심사청구일자 2009년04월22일

(71) 출원인

인하대학교 산학협력단

인천 남구 용현동 253 인하대학교

(72) 발명자

김재환

인천광역시 연수구 동춘동 럭키아파트 101-101

김주형

인천광역시 연수구 송도동 송도신도시현대아파트 109-102

윤성률

인천광역시 남동구 구월동 1462-2 노빌리안 1차 720호

(74) 대리인

이달로

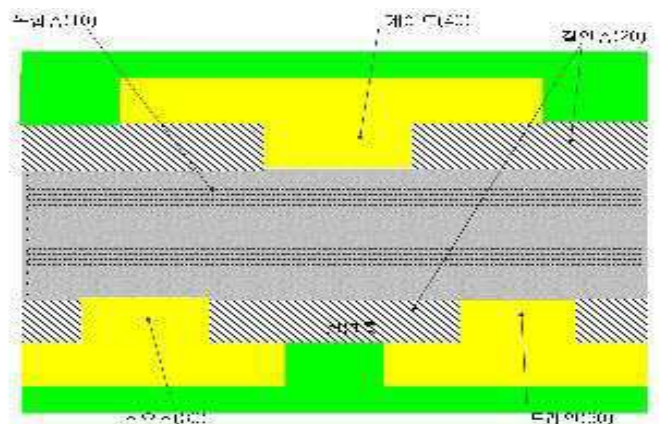
전체 청구항 수 : 총 5 항

(54) 나노튜브를 이용한 유연 셀룰로오스 종이 트랜지스터

(57) 요약

전기절연성이 있는 셀룰로오스와 전기전도성이 우수한 나노튜브를 합성하여 셀룰로오스에 흐르는 전류를 조절함으로써 반도체 디바이스로 사용할 수 있도록 트랜지스터를 제작하는 것에 관한 것으로, 이는 기존의 다층재료를 이용한 반도체에 비해 구조가 간단하고 휘어지는 소재인 셀룰로오스 물질 자체가 절연성의 유전성질을 띠고 있고, 셀룰로오스와 화학적 구조결합을 한 나노튜브가 전자의 이동경로가 되는 복합층(10), 복합층에 일정부분만 전기적인 신호가 연결되도록 복합층을 절연시켜주는 절연층(20), 전류가 입력되는 소오스 및 전류가 복합층(10)에서 빠져나가는 드레인을 포함하는 전극층(30), 소오스와 드레인 사이의 전류의 흐름을 제어하는 게이트가 존재하는 제어층(40), 및 외부와의 절연 및 회선과의 통전을 막아주는 보호층(50)으로 이루어진 종이를 이용한 유연 트랜지스터를 개시한다.

대표도 - 도1



특허청구의 범위

청구항 1

다음의 것으로 구성된 나노튜브를 이용한 유연 셀룰로오스 종이 트랜지스터:

전극층의 소오스에서 공급된 전자가 나노튜브를 따라 이동할 수 있도록 셀룰로오스와 나노튜브가 결합된 복합 재료로 구성된 제 1층;

상기 제 1층의 일정 영역에 전기를 공급하고 나머지 영역은 전기적 절연을 위해 일정 개구부를 형성하여 회로 패턴을 형성하는 제 2층;

제 1층에 전자를 공급할 수 있는 소오스와 나노튜브를 따라 흐른 전자가 방출되는 드레인을 형성하는 제 3층;

제 1층을 통해 소오스에서 드레인까지 도달하는 전자를 제어하는 역할을 하는 게이트를 포함하는 제 4층; 및

상기한 층을 전기적으로 외부와 절연시켜주는 역할을 하고 덮개 기능을 가진 제 5층.

청구항 2

제 1 항에 있어서, 셀룰로오스와 나노튜브가 결합된 복합재료는 셀룰로오스가 유전체 작용을 하도록 하고 나노튜브는 전자 이동 채널 작용을 하도록 구성하되 나노튜브는 카르복실기화를 통해 셀룰로오스와 결합되는 나노튜브를 이용한 유연 셀룰로오스 종이 트랜지스터.

청구항 3

제 1 항에 있어서, 제 1층의 셀룰로오스가 일정 방향으로 정렬됨에 따라 셀룰로오스의 수산기에 결합한 나노튜브도 동일하게 일정 방향으로 정렬됨으로써 전기의 흐름이 제어되도록 한 나노튜브를 이용한 유연 셀룰로오스 종이 트랜지스터.

청구항 4

제 1 항에 있어서, 제 3층은 전기적인 신호를 제 1층에 가해주는 작용을 하되 이러한 전기적인 신호가 제 1층의 나노튜브를 타고 드레인으로 이동하도록 한 나노튜브를 이용한 유연 셀룰로오스 종이 트랜지스터.

청구항 5

다음의 단계를 포함하는 셀룰로오스-나노튜브 복합재료의 제 1 층을 제조하는 방법:

나노튜브를 카르복실화하는 단계;

카르복실화한 나노튜브를 셀룰로오스 용매와 혼합하여 나노튜브와 셀룰로오스를 화학적으로 결합시키는 단계;

나노튜브가 결합된 셀룰로오스 용액을 평판 위에 회전코팅하고 실온 건조를 통해 남아있는 용매를 완전히 제거함으로써 평판 위에 셀룰로오스 투명 필름을 형성하는 단계;

상기 형성된 필름을 염기 용액에 담가 필름에 남아있는 산을 완전히 제거한 후에 탈이온수로 세정하고 다시 탈이온수에 침지하는 단계; 및

상기 필름을 염화수소 수용액에 침지한 다음 물과 탈이온수로 세정하여 이온 분자를 완전히 제거하는 단계.

명세서

발명의 상세한 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 셀룰로오스에 나노튜브를 결합하고 일정방향으로 정렬되는 셀룰로오스의 특징을 이용하며 또한 방향성에 따른 전기전도성을 가지는 복합층을 사용하고, 양면 또는 한면에 소오스, 드레인, 게이트층을 형성하여 전기적인 흐름을 제어하는 구조를 형성 및 제작함으로써 자연 분해성이 있으면서도 유연하고 생체적용이 가능한 종이 트랜지스터에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 지금까지 개발된 전기 전자 디바이스들은 유연성이 없는 반도체 재료로 제작되거나 투명 유리 및 플라스틱 등의 기재 위에 회로를 형성하는 구조로 되어 있다. 기존의 방식은 반도체 소자 위에 재료의 전기적 특성을 변화시켜 전기가 흐르는 채널을 형성한 후, 유전층을 이용하여 유전층 위에 존재하는 게이트에 가해지는 전기적인 신호에 의해 전자가 이동하는 채널의 전류량을 제어하는 수단인 트랜지스터를 사용하고 있다. 특히 트랜지스터는 모든 전자기기의 핵심적인 요소로 끊임없는 발전을 거듭하고 있으며 반도체에서 주로 사용하는 트랜지스터는 매우 작은 초소형 크기의 모습으로 진화하고 있는 추세이다. 이러한 트랜지스터는 오랜 역사를 가지고 있으며 여러 형태의 구조로 현재 많은 분야에서 사용되고 있다. 현재는 반도체소자 외에도 휘어지는 소재에 대해서도 많은 연구가 진행되고 있으며 상용화에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 초소형 반도체를 만들기 위한 노력의 한 형태로 나노튜브를 이용하여 트랜지스터를 제작하는 것에 대해 많은 연구가 진행되고 있는 상황이다.

[0003] 그러나, 현재까지 사람 및 동물 등의 생체내에 적용하기 위한 반도체 소자들에 대한 노력은 끊임없이 요구되어 왔으나 생체재료로 사용되는 물질의 한계 및 전기적인 회로 역할을 하는 실리콘을 대체할만한 소재는 아직 전혀 없는 상태이다. 현재, 종이를 이용한 기술은 기록매체 및 포장수단 등으로 사용되어 왔으나 최근에 셀룰로오스 종이의 새로운 특성들이 밝혀지면서 차세대 재료로 각광받고 있는 상황이다. 아직까지 종이를 이용한 전자회로에 대한 연구는 거의 없는 상태이다.

발명의 내용

해결 하고자하는 과제

[0004] 본 발명은 일정한 방향으로 정렬하는 성질을 가진 셀룰로오스에 나노튜브를 결합함으로써 전기전도성이 향상된 종이를 제조하여, 이를 트랜지스터에 적용함으로써 셀룰로오스 종이의 새로운 전자재료로서의 유용한 응용을 보여주하고자 한다.

과제 해결수단

[0005] 상기와 같은 목적을 이루기 위해 본 발명은 도 1에 나타난 바와 같이 전기적 절연과 동시에 전자가 이동할 수 있는 나노튜브를 갖는 셀룰로오스를 이용하여 전자의 흐름이 가능한 복합층(10), 복합층의 일정영역에만 전기가 공급되고 나머지 부분은 전기적인 절연을 형성하는 절연층(20), 전류를 통해 전기적 신호를 보내고 받을 수 있는 전극층(30), 전류흐름을 제어할 수 있는 게이트가 있는 제어층(40), 및 전기적인 신호를 외부나 다른 전극과 분리하여 통전되지 않도록 하는 보호층(50)으로 되어있는 트랜지스터를 제공한다.

[0006] 각각의 층에 대한 간단한 설명은 다음과 같다:

[0007] 복합층(10): 셀룰로오스 섬유는 자체적으로 유전성이 있는 물질이므로 반도체에서 게이트에 사용되는 산화물의 역할을 담당할 수 있다. 화학적으로 셀룰로오스에 결합된 나노튜브는 전자가 이동하는 통로로 사용될 수 있으므로 나노튜브의 배열 및 간격에 따라 나노튜브는 전자가 이동할 수 있는 채널의 역할을 할 수 있다. 이러한 나노튜브는 셀룰로오스에 화학적 결합으로 고정되어 셀룰로오스를 따라 일정방향으로 정렬될 수 있으므로 셀룰로오스의 방향성에 따른 전기전도도가 달라질 수 있고, 따라서 이러한 복합층은 유전체 역할과 동시에 전자가 흐르는 채널로 사용된다.

- [0008] 절연층(20): 전기적인 신호가 주어지는 소오스, 드레인, 및 게이트가 위치하는 영역을 제외하고 복합층의 전기적인 절연을 위해 도포되는 층이다.
- [0009] 전극층(30): 전기적인 신호를 위해 전자가 복합층에 공급되는 소오스와 수납된 전자가 빠져나가 회로를 구동할 수 있도록 하는 드레인으로 구성된 층이다.
- [0010] 제어층(40): 소오스에서 공급된 전자가 복합층의 나노튜브를 통해 드레인으로 가는 것을 제어하는 층으로 전기적인 신호를 가함으로써 드레인으로 흐르는 전자의 흐름을 조절한다.
- [0011] 보호층(50): 상기의 복합층, 전극층, 및 제어층을 보호하고 전기적인 단락을 방지하기 위해 이러한 층들의 맨 위 및 복합층 위에 위치한다..

효 과

- [0012] 상기한 바와 같이 본 발명에 따라 구성된 종이 트랜지스터는 매우 얇고 투명하며 휘어지는 성질뿐만 아니라 생체적용이 가능하므로 사람이나 동물들의 신체치료, 검출등의 생체전자회로 등에 사용되어 질 수 있으며, 움직임이나 곱힘변형이 있는 재료에도 적용이 가능한 전자회로를 구성하는데 사용되어 질 수 있다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

- [0013] **복합층(10)**
- [0014] 복합층(10)은 자연에서 얻어지는 셀룰로오스를 기초로 화학적 반응을 통하여 나노 크기의 셀룰로오스 섬유질에 전도성이 우수한 나노튜브를 결합하여 제조된다. 셀룰로오스는 자연에 가장 많이 존재하는 천연 재료 이면서 전기적으로 유전성이 있는 재료이다. 이는 각각의 글루코오스 단위체에 있는 3 개의 하이드록실 작용기로 인해서, 많은 수산기를 갖는 다른 분자들과 결합이 가능하다. 이러한 고기능성의 선형 사슬 호모중합체는 친수성, 키랄성, 생체내 분해성, 광범위한 화학적 변형성, 및 가전성 반결정 형태의 형성을 특징으로 갖는다.
- [0015] 나노튜브는 탄소 나노튜브의 발견 이후 많은 분야에서 연구가 활발히 진행되고 있는 물질로 물질적인 우수성뿐만 아니라 다양한 적용이 가능한 물질이다. 전기전도성이 뛰어난 물질로 특히 전기전자분야에서 새로운 디바이스로의 적용을 연구하고 있으나, 크기가 매우 작기 때문에 나노튜브를 직접 조작하여 원하는 방향으로 정렬하는 공정에 대한 활발한 연구에도 불구하고 아직까지 구체적인 실용화 단계까지는 이르지 못한 상황이다. 셀룰로오스 섬유질의 방향성 및 유전성 그리고 나노튜브를 결합하여 전기적인 흐름을 형성한다면 기존의 종이를 새로운 특성을 가진 재료로 사용할 수 있게 된다. 또한 두 가지 재료의 특성을 이용하여 복합적인 성능을 가진 재료형태로 유용하게 사용되어 질 수 있다. 셀룰로오스와 나노튜브를 혼합하는 방법은 물질에 따라 다르나 일반적으로 부분적인 화학구조를 변경함으로써 셀룰로오스에 결합할 수 있다. 나노튜브를 질산류를 이용하여 카르복실화시킴으로써 수산기와 카르복실기를 갖는 구조로 변화시킨 후, 자연에서 얻어진 목화 셀룰로오스를 이중 극성 용매와 함께 실온에서 녹인다. 이렇게 혼합된 용액을 웨이퍼 상에서 스핀 코팅하여 실온 건조 후 필름형태로 제조할 수 있다. 이 필름을 실온에서 수산화나트륨에 담가 산을 완전히 제거하고 흐르는 물에 씻어서 탈이온수에 침지한다. 필름을 염화수소 수용액에 침지한 다음 물 및 탈이온수로 세정하여 이온 분자를 완전히 제거한다.
- [0016] 이렇게 형성된 나노튜브가 셀룰로오스 섬유질을 따라서 구성된 모습을 도 2 와 도 5에 보여주고 있다. 셀룰로오스 체인에 결합된 나노튜브는 스트레칭에 의해 셀룰로오스 원주 방향으로 정렬되어 질 수 있으며, 이러한 나노튜브는 주변의 다른 나노튜브와 매우 가까운 거리를 형성하므로 전자의 흐름을 가능하게 할 수 있다.

[0017]

[0018] 절연층(20)

- [0019] 이 층은 전자의 공급을 위한 소오스와 전자가 흘러서 방출되는 드레인 그리고 게이트가 위치하는 영역을 제외한 복합층의 다른 영역이 외부와 전기적인 절연이 되도록 사용되는 층으로 소오스, 드레인을 위한 절연층(21)과 게이트를 위한 절연층(22)으로 구성되며 각각의 절연층은 전기적인 전극층 및 제어층과 접합하도록 개구부(23, 24) 형태로 되어 있어 전극층이나 제어층에서 직접 복합층으로 전기적 연결이 가능하다.

[0020] 전극층(30)

[0021] 이 층은 전자의 공급을 위한 소오스와 전자가 흘러서 방출되는 드레인으로 구성되어지며 소오스에서 드레인으로의 전자의 흐름을 이용하여 전기적인 회로를 구성할 수 있는 구조를 보여준다. 이 전극층은 얇은 셀룰로오스 필름 위에 구성되므로 반도체 공정을 통해서 형성하거나 또는 반도체 식각공정 또는 기존의 인쇄프린팅법을 이용하여 형성할 수가 있다. 더욱이 회로구성이 양각되어 있는 스텝를 사용하여 복합층 위에 전극층을 간단하게 형성할 수 있고 곡선모양의 형태에도 적용할 수 있다. 전극층은 외부회로와 연결될 수 있는 패드(31), 전기공급이 가해지는 배선(32), 및 복합층과 접하는 접합부(33)로 구성이 되어있다.

[0022] **제어층(40)**

[0023] 전극층에 흐르는 전자의 양을 제어하기 위해 전극층과 같은 면 또는 전극 층의 반대면에 형성되어 지며 제어층에 가해지는 전압에 따라 전극층의 소오스에서 드레인으로 가는 전자가 결정되며, 전극층은 외부회로와 연결될 수 있는 패드(41), 전기공급용 배선(42) 그리고 복합층과 접하는 접합부(43)로 구성된다.

[0024] **보호층(50)**

[0025] 이 층은 상기한 전극층(30)이 전기적으로 단선되는 것을 막기 위한 하부 덮개층(51) 및 제어층(40)을 보호하는 상부 덮개층(52)로 구성되며 복합층(10)과 전극층(30) 및 제어층(40)을 보호하여 전기적인 신호가 전극층과 제어층을 제외한 다른 영역으로 흐르는 것을 차단 및 보호하기 하기 위한 것이다. 반도체 공정 또는 기존의 인쇄 프린팅이나 스텝핑법을 이용하여 도포가 가능하고 스프레이 등을 이용한 도포를 통해서도 구성할 수 있다.

[0026] 상기한 모든 층은 유연성이 있는 셀룰로오스 종이를 바탕으로 제조되기 때문에 본 발명에 따른 트랜지스터는 생체에 무해하고 곡선형태의 구조에도 적용할 수 있는 전자 디바이스로 사용할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0027] 도 1은 나노튜브가 결합된 셀룰로오스를 이용한 종이 트랜지스터의 일 실시예를 나타낸 단면도,

[0028] 도 2는 나노튜브와 셀룰로오스가 결합된 상태를 나타낸 구조식,

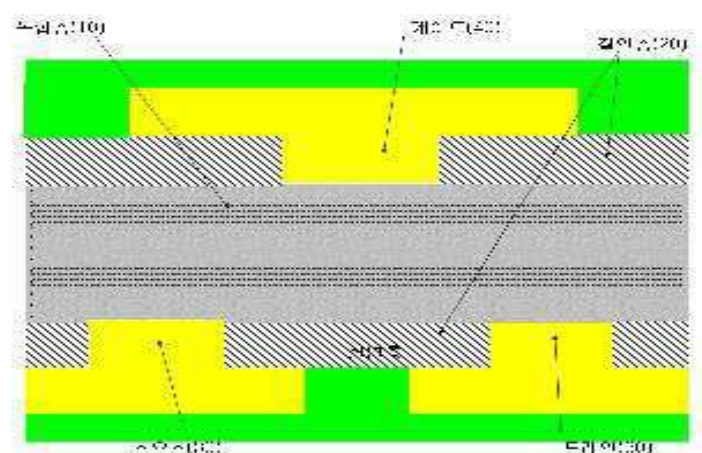
[0029] 도 3은 본 발명에 따른 종이 트랜지스터의 하나의 제조 방법을 나타낸 예시도,

[0030] 도 4는 도 1의 다른 실시예를 나타낸 단면도, 및

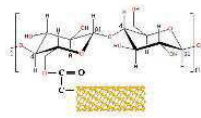
[0031] 도 5는 굽힘이 가능한 종이 트랜지스터의 예를 나타낸 사진 및 이에 사용된 복합층을 구성하는 셀룰로오스의 확대 사진이다.

도면

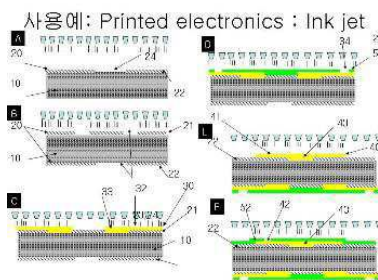
도면1



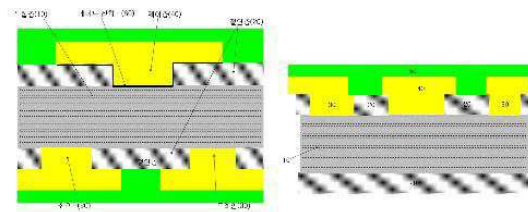
도면2



도면3



도면4



도면5

