



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2010-0037804
(43) 공개일자 2010년04월12일

(51) Int. Cl.

H01L 27/115 (2006.01) H01L 21/8247 (2006.01)

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

(21) 출원번호 10-2008-0097088

(22) 출원일자 2008년10월02일

심사청구일자 없음

(71) 출원인

인하대학교 산학협력단

인천 남구 용현동 253 인하대학교

(72) 발명자

신형순

서울특별시 서대문구 대현동 11-1

원태영

서울 강남구 대치동 506 선경아파트 7-504

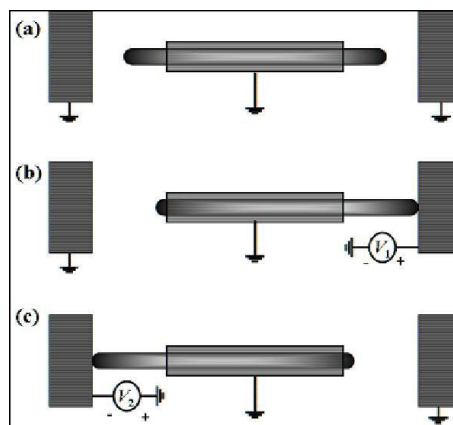
전체 청구항 수 : 총 1 항

(54) 다중벽 탄소 나노 튜브 기반 비휘발성 메모리 소자의 설계 및 동작 방법

(57) 요약

본 발명은 분자 전기이동성 현상을 이용한 분자전자소자의 구조에 관한 것으로서 다중벽 탄소 나노 튜브 기반 비휘발성 메모리 소자의 개념적 설계 및 동작 원리를 보여주고 있다. 또한 본 발명이 제시한 메모리 구조는 탄소-탄소 반데르발스 에너지와 탄소 나노 튜브-금속 결합 에너지의 합으로부터 메모리 동작과 관련된 에너지를 구하게 된다. 소자의 동작모드인 state 0, state 1, state 2를 각각 이용하여 3bit를 할당할 수 있는 메모리 소자로써 사용가능한 구조를 제시한다.

대표도 - 도1



특허청구의 범위

청구항 1

전기이동성 현상을 이용한 분자전자소자에 있어서, 상기 분자전자소자는 다중 벽 탄소 나노 튜브를 이용하고, 로직 상태를 state 0, state 1, state 2를 이용하여 3bit를 할당하는 것을 특징으로 하는 비휘발성 메모리 소자.

명세서

발명의 상세한 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 분자 전기이동성 현상을 이용한 분자전자소자의 구조에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 탄소 나노 튜브는 직경이 수~수십 나노미터의 튜브형 소재로 열전도율이 높아 안정적이며 전기전도도가 기존의 금속에 비해 월등히 높은 특성을 가지고 있다. 반도체 소자에 응용할 rudd 나노크기 채널로 전자기동을 제어하여 저전력으로 소자 구동이 가능하며 기존의 실리콘 소자와는 달리 도핑을 하지 않아도 되는 등 소자 작동에 매우 유리하다.

[0003] DRAM을 포함한 기존 메모리들은 앞으로 전하를 충전하는 커패시터의 특성 한계와 과도한 누설전류 발생 등으로 인한 메모리 특성 열화로 인하여 더 이상 고집적화는 어려운 것으로 알려져 있다. 결국 2010년경에는 실리콘을 이용한 메모리 소자는 한계에 다다르게 될 것이다.

[0004] 채널 역할을 하는 탄소 나노 튜브의 나노크기로 인하여 메모리 노드내에 나노크기의 전기장 분포가 형성되어 이 현상을 이용하여 비휘발성 메모리를 효과적으로 작동하게 한다. 기존에 발표된 연구결과는 oxide 한 층만을 이용한 것으로 실용적으로 사용이 어려우나, 최근 연구 결과는 실제 메모리에 적용이 가능한 ONO 막을 사용하여 실용화의 전기를 마련하였으며 메모리 저장기간도 10년이상 가능할 것으로 기대하고 있다.

발명의 내용

해결 하고자하는 과제

[0005] 본 발명은 상기와 같은 장점을 활용한 것으로, 다중벽 탄소 나노 튜브를 기반으로한 위치 제어를 통해 셀 하나당 3bit의 정보를 저장할 수 있는 비휘발성 메모리 소자의 구현을 이루고자 하는 것이다.

과제 해결수단

[0006] 상기와 같은 목적을 달성하기 위해서, 전기이동성 현상을 이용한 분자전자소자에 있어서, 상기 분자전자소자는 다중 벽 탄소 나노 튜브를 이용하고, 로직 상태를 state 0, state 1, state 2를 이용하여 3bit를 할당하는 것을 특징으로 하는 비휘발성 메모리 소자를 제공한다.

효과

[0007] 이상에서 설명한 바와 같이, 본 발명은 나노 튜브에서 일어난 분자 전기이동(Molecule Electromigration)을 이용한 나노 메모리 소자의 변형에 의해 제안된 소자 구조로써 향후 나노 스케일(nano-scale) 소자 회로의 구성에 정밀한 스위치 소자로써 이용될 수 있을 것이다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

[0008] 도1은 제안하는 다중벽 탄소 나노 튜브 기반 비휘발성 메모리 소자의 개념적 설계 및 동작 원리를 보여주고 있다. 제안된 나노 메모리 소자 기본 구조는 도1(a)와 같이 금속 전극 위에 증착된 다중벽 탄소 나노 튜브로부터 얻어진다. 금속 전극에 묻혀있는 탄소 나노 튜브는 정교한 나노 에칭 공정을 통하여 양쪽에 마주하는 금속전극인 소스와 드레인 사이에서 일정 간격을 가지고 무결점 가장자리를 가지도록 하여, 다중벽 탄소 나노 튜브에서

내부 나노 튜브들이 부드럽게 왕복될 수 있도록 한다.

[0009] 도2는 본 메모리 소자의 동작과 관련된 기본 개념을 에너지 관점에서 묘사하고 있다. 나노 메모리의 동작과 관련된 에너지는 탄소-탄소 반데르발스 에너지와 탄소 나노 튜브-금속 결합 에너지의 합으로부터 얻어진다. 반데르발스 에너지는 내부 탄소 나노 튜브가 확장됨에 따라서 거의 일정하게 증가하는 반면에, 탄소 나노 튜브-금속 결합에너지는 거리가 가까워질수록 빠르게 증가하기 때문에, 탄소 나노 튜브-금속 결합 에너지가 증가할수록 국부적 에너지 우물 (localized potential energy well)이 얻어지게 된다. 따라서 도2에서 보이는 것과 같이 내부 탄소 나노 튜브의 쌍안정성 (bi-stability)이 얻어진다. 도1과 도2에서 볼 수 있듯이, 본 나노 메모리 소자는 2비트 및 3비트 메모리로 활용될 수 있다. 2비트 메모리 경우, state 0과 state 1은 bit 0으로, state 2는 bit 1로 할당될 수 있으며, 또는 1의 보수를 저장할 수 있다. 즉 state 0은 bit 0으로 state 1은 bit +1로 state 2는 bit -1로 할당될 수 있다. 3비트 메모리 경우, state 0은 bit 0으로, state 1은 bit 1로, state 2는 bit 2로 할당될 수 있다.

[0010] 우선적으로 탄소 나노 튜브는 도1(a)와 같이 state 0일 때 가장 안정한 에너지를 가지며 이때는 bit 0이다. 탄소 나노 튜브는 금속 전극에 묻혀있기 때문에 외곽 껍질은 움직일 수 없는 반면 내부 탄소 나노 튜브는 나노 튜브 축을 따라서 자유롭게 좌우로 움직일 수 있다. 본 연구의 나노 메모리 동작에서 외부 작용력은 내부 나노 튜브 캡과 금속 전극 사이의 정전기력이다. 오른쪽 전극에 양전하(Positive Charge)가 나노 튜브 캡에 음전하(Negative Charge)가 유도된 경우, 정전기력은 내부 나노 튜브를 외곽 나노 튜브 오른쪽 밖으로 끌어낸다. 이때 탄소-탄소 반데르발스 힘이 벗어난 내부 나노 튜브를 다시 외곽 나노 튜브 안쪽으로 잡아당기는 방향으로 작용하게 된다. 외부 작용력이 사라지게 되면 내부 나노 튜브는 다시 외곽 나노 튜브 안쪽으로 흡입된다. 이때 내부 나노 튜브와 외곽 나노 튜브 사이의 마찰력은 10-15 ~ 10-14 N/atom 정도로 매우 낮아서 무시할 수 있다. 그러나 외부 작용력이 충분히 커서 내부 탄소 나노 튜브가 더욱 확장되면 도1(b)와 같이 오른쪽 전에 접촉하여 state 2가 되며, 이때 탄소 나노 튜브와 오른쪽 금속전극 사이의 결합력이 반데르발스 흡입력보다 클 경우에는 전기장이 사라진 이후에도 탄소 나노 튜브는 오른쪽 금속전극에 붙어 있게 되어 비휘발성 정보를 저장하게 된다.

[0011] 이어서 도1(b)의 상태에서, 왼쪽 전극은 음전하로, 탄소 나노 튜브는 양전하로 대전된다면, 정전기력은 내부 탄소 나노 튜브를 왼쪽으로 잡아당기게 되는데, 이때 그 정전기력과 반데르발스 힘의 합이 탄소 나노 튜브와 오른쪽 금속전극의 결합력보다 크게 되면 탄소 나노 튜브는 오른쪽 금속전극에서 떨어져 외곽 나노 튜브 안쪽으로 들어온다. 이때 내부 탄소 나노 튜브는 운동에너지를 가지므로 왼쪽 금속전극으로 향하여 움직인다. 만약 내부 탄소 나노 튜브가 외곽 탄소 나노 튜브 내부로 흡입될 때 마찰력이 커지도록 하여 에너지 손실이 발생하게 되면, 내부 탄소 나노 튜브는 왼쪽 전극에 접촉하지 않고 외곽 탄소 나노 튜브 내부에 머물게 되어 state 0이 될 수 있다. 그러나 내부 탄소 나노 튜브와 왼쪽 전극 사이의 정전기력이 충분히 크게 계속 작용하게 되면 내부 탄소 나노 튜브는 왼쪽 전극에 자리 잡게 될 것이다. 그러므로 내부 탄소 나노 튜브가 state 0에서 먼저 안정화 된 다음에 state 1 또는 state 2로 전이될 수 있으며, state 0로 안정화 되는 것 없이 state 1에서 state 2로 또는 state 2에서 state 1로 직접 전이될 수도 있다. 탄소 나노 튜브와 왼쪽 전극 사이의 결합력이 반데르발스 힘보다 클 경우에는 전기장이 사라진 이후에도 탄소 나노 튜브는 도1(c)와 같이 왼쪽 전극에 붙어있게 되어 state 1의 비휘발성 정보를 저장할 수 있다.

[0012] 전술한 내용은 후술할 발명의 특허 청구 범위를 더욱 잘 이해할 수 있도록 본 발명의 특징과 기술적 장점을 다소 폭넓게 개선하였다. 본 발명의 특허 청구 범위를 구성하는 부가적인 특징과 장점들이 이하에서 상술될 것이다. 개시된 본 발명의 개념과 특정 실시예는 본 발명과 유사 목적을 수행하기 위한 다른 구조의 설계나 수정의 기본으로서 즉시 사용될 수 있음이 당해 기술 분야의 숙련된 사람들에 의해 인식되어야 한다.

[0013] 또한, 본 발명에서 개시된 발명 개념과 실시예가 본 발명의 동일 목적을 수행하기 위하여 다른 구조로 수정하거나 설계하기 위한 기초로서 당해 기술 분야의 숙련된 사람들에 의해 사용될 수 있을 것이다. 또한, 당해 기술 분야의 숙련된 사람에 의한 그와 같은 수정 또는 변경된 등가 구조는 특허 청구 범위에서 기술한 발명의 사상이나 범위를 벗어나지 않는 한도 내에서 다양한 진화, 치환 및 변경이 가능하다.

도면의 간단한 설명

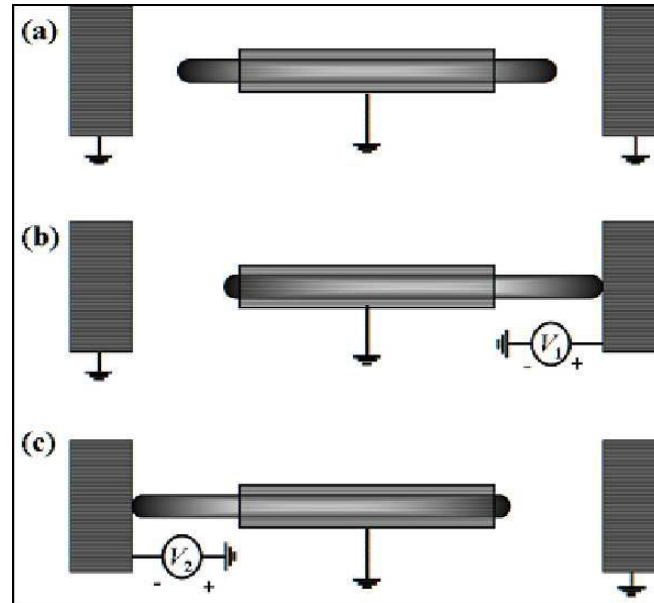
[0014] 도1은 중심에 다중벽 탄소 나노 튜브와 양쪽에 일정 간격을 가지는 금속전극들로 구성된 다중벽 탄소 나노 튜브 기반 비휘발성 메모리 소자 기본 구조를 나타낸 도면.

[0015] 도2는 다중벽 탄소 나노 튜브 기반 나노 튜브 왕복 비휘발성 메모리 소자 에너지도. state 0은 초기 평형상태,

state 1과 state 2는 내부 탄소 나노 튜브와 금속전극 사이의 결합에너지로 인한 쌍안정(Bi-stability) 상태를 나타낸 도면.

도면

도면1



도면2

