



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2013-0084198
(43) 공개일자 2013년07월24일

<p>(51) 국제특허분류(Int. Cl.) <i>H01L 21/28</i> (2006.01) <i>H01L 29/78</i> (2006.01) <i>H01L 21/336</i> (2006.01)</p> <p>(21) 출원번호 10-2012-0014561(분할)</p> <p>(22) 출원일자 2012년02월14일 심사청구일자 2012년02월14일</p> <p>(62) 원출원 원출원일자 특허 10-2012-0004946 원출원일자 2012년01월16일</p>	<p>(71) 출원인 남서울대학교 산학협력단 충남 천안시 서북구 성환읍 매주리 21 남서울대학교내</p> <p>(72) 발명자 이선우 인천광역시 남동구 만수4동 주공아파트 401-1102 이봉주 경기도 부천시 원미구 중동 은하마을 511-1103</p> <p>(74) 대리인 특허법인씨엔에스</p>
--	---

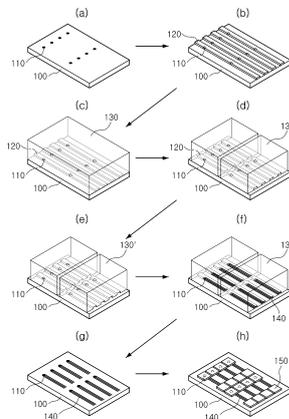
전체 청구항 수 : 총 13 항

(54) 발명의 명칭 탄소나노튜브 수평성장방법 및 이를 이용하여 형성된 수평배선

(57) 요약

본 발명은 (가)기판상에 탄소나노튜브를 성장시키기 위한 촉매 도트를 형성하는 단계, (나)상기 촉매 도트가 형성된 영역을 포함하는 다수의 나노 채널을 포함하는 희생층을 형성하는 단계 및 (다)상기 나노 채널을 통해 탄소나노튜브를 성장시키는 단계를 포함하는 탄소나노튜브 수평성장방법 및 이를 이용하여 형성된 수평배선에 관한 것이다.

대표도 - 도1



특허청구의 범위

청구항 1

- (가)기관상에 탄소나노튜브를 성장시키기 위한 촉매 도트를 형성하는 단계;
- (나)상기 촉매 도트가 형성된 영역을 포함하는 다수의 나노 채널을 포함하는 희생층을 형성하는 단계; 및
- (다)상기 나노 채널을 통해 탄소나노튜브를 성장시키는 단계를 포함하는 탄소나노튜브 수평성장방법.

청구항 2

- 제1항에 있어서, 상기 (나) 단계는,
상기 촉매 도트가 형성된 영역을 포함하는 다수의 나노 채널을 형성하기 위해 제1희생층을 형성하는 단계;
상기 제1희생층 상부에 제2희생층을 형성하는 단계; 및
상기 제1희생층을 제거하여 나노 채널을 형성하는 단계를 포함하는 탄소나노튜브 수평성장방법.

청구항 3

- 제2항에 있어서,
상기 제2희생층을 형성하는 단계 후에 제2희생층을 패터닝하는 단계를 추가로 포함하는 탄소나노튜브 수평성장방법.

청구항 4

- 제1항에 있어서,
상기 (다) 단계는 화학기상증착법, 열 화학기상증착법, 플라즈마 화학기상증착법, 촉매열분해법 또는 핫-필라멘트 기상 증착법에 의해 수행되는 탄소나노튜브 수평성장방법.

청구항 5

- 제1항에 있어서,
상기 (다)단계 후에 상기 희생층을 제거하는 단계를 추가로 포함하는 탄소나노튜브 수평성장방법.

청구항 6

- 제1항에 있어서,
상기 촉매 도트는 Ni, Co, Fe, Pd, Au 및 이들을 포함하는 합금으로 이루어진 그룹에서 선택된 1종 이상인 탄소나노튜브 수평성장방법.

청구항 7

- 제2항에 있어서,

상기 제1회생층은 포토 레지스트 또는 이를 포함하는 유기물로 이루어지는 탄소나노튜브 수평성장방법.

청구항 8

제2항에 있어서,

상기 제2회생층은 Si_3N_4 , SiGe 또는 이들의 조합인 탄소나노튜브 수평성장방법.

청구항 9

평행하게 배열된 다수의 배선을 포함하며, 상기 배선은 제1항 내지 제8항 중 어느 한 항을 이용하여 수평성장된 탄소나노튜브로 형성된 것인 수평배선.

청구항 10

제9항에 있어서,

상기 탄소나노튜브는 다중벽(Multi-wall)인 수평배선.

청구항 11

제9항에 있어서,

상기 배선은 그 폭이 1nm 내지 $10\mu m$ 인 수평배선.

청구항 12

제9항에 있어서,

상기 배선은 그 높이가 1nm 내지 $1\mu m$ 인 수평배선.

청구항 13

제9항에 있어서,

상기 배선은 그 간격이 1nm 내지 1mm인 수평배선.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 탄소나노튜브 수평성장방법, 이를 이용한 수평배선 및 이를 이용한 전계 효과 트랜지스터에 관한 것으로, 보다 구체적으로 촉매 도트가 형성된 영역을 포함하는 다수의 나노 채널을 이용하여 탄소나노튜브를 수평 성장시키는 방법 및 이를 이용하여 형성된 수평배선 및 전계 효과 트랜지스터에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 탄소나노튜브(carbon nano tube, CNT)는 흑연 판상을 둥글게 감아 형성된 것과 같은 모양을 가지며, 보다 구체적으로는 육각형 고리로 연결된 탄소들이 수 nm 내지 수십 nm 직경과 수 내지 수백 μm 길이의 장형 튜브 형상 구조로 형성된 일차원 양자세선(one-dimensional Quantum Wire) 구조를 가진다.

[0003] 이러한 탄소나노튜브는 기계적, 화학적 특성이 우수하고, 일차원적 양자 수송(quantum transport) 현상을 보이는 등 특이한 전기적 특성을 가진다. 특히, 탄소나노튜브는 강한 강도를 가지면서도 파괴되지 않고 휘어짐이 가능하고, 다시 본래의 모양으로 돌아오는 복원력을 가지며, 지속적인 사용에도 마모나 손상이 거의 없는 특성을 가진다. 또한, 탄소나노튜브는 직경대비 길이비가 매우 크므로, 구조의 비등방성이 크며, 감은 형태와 구조 및 직경에 따라 전기적 성질이 달라지는 특성이 있어, 이에 따라 도전체적 또는 반도체적 성질을 가진다. 이외에도 높은 열전도도, 높은 전자 방출 특성 및 우수한 화학적 반응성을 가지므로, 다양한 산업분야에서의 응용이 기대된다.

[0004] 이러한 탄소나노튜브의 반도체 분야에서 가능한 응용 중의 하나는 금속배선을 대체하는 것이다. 이러한 가능성을 실현하기 위해서는 재현성을 가지는 탄소나노튜브 제조 공정의 개발이 선행되어야 하나, 현재 기술수준에서는 나노튜브를 제조한 후 하나씩 일일이 조작하며 원하는 위치에 가져다 놓는 방법을 택하므로 전자소자나 고집적소자를 구현하기 어렵다.

[0005] 또한, 현재 기술수준에서 탄소나노튜브 합성기술은 탄소나노튜브를 수직으로 성장시키는 기술이며, 이는 촉매 패턴이 형성된 기판상에 기판 표면에 수직인 방향으로 나노튜브를 성장시키는 것이다. 그러나 수직으로 성장된 탄소나노튜브의 경우 우수한 정렬을 가지더라도, 탄소나노튜브의 길이 및 간격 등을 균일하게 제어하기 어려운 한계가 있다. 또한, 반도체 제조공정상 수직방향으로 성장한 탄소나노튜브를 적용하기가 어려운 문제점이 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 본 발명은, 상기와 같은 문제점을 해결하기 위한 것으로, 재현성을 가지고, 고집적 소자에 적용될 수 있으며, 길이 및 간격을 균일하게 제어할 수 있고, 반도체 제조공정에 용이하게 적용할 수 있는 탄소나노튜브의 수평성장방법, 이를 이용한 수평배선 및 전계 효과 트랜지스터를 제공하고자 한다.

과제의 해결 수단

[0007] 본 발명의 제1태양은, (가)기판 상에 탄소나노튜브를 성장시키기 위한 촉매 도트를 형성하는 단계, (나)상기 촉매 도트가 형성된 영역을 포함하는 다수의 나노 채널을 포함하는 희생층을 형성하는 단계 및 (다)상기 나노 채널을 통해 탄소나노튜브를 성장시키는 단계를 포함하는 탄소나노튜브 수평성장방법을 제공한다.

[0008] 본 발명의 제2태양은, 평행하게 배열된 다수의 배선을 포함하며, 상기 배선은 상기 탄소나노튜브 수평성장방법을 이용하여 수평성장된 탄소나노튜브로 형성된 것인 수평배선을 제공한다.

[0009] 본 발명의 제3태양은, 상기 탄소나노튜브 수평성장방법을 이용하여 수평성장된 탄소나노튜브의 양 끝단에 전극을 형성하는 단계 및 상기 전극을 통해 전류를 흘려 금속성 탄소나노튜브를 제거하는 단계를 포함하는 전계 효과 트랜지스터(FET) 제조방법을 제공한다.

[0010] 본 발명의 제4태양은, 평행하게 배열된 다수의 배선을 포함하며, 상기 배선은 상기 탄소나노튜브 수평성장방법을 이용하여 수평성장된 탄소나노튜브로 형성된 것인 전계 효과 트랜지스터(FET)를 제공한다.

[0011] 덧붙여, 상기한 과제의 해결수단은, 본 발명의 특징을 모두 열거한 것은 아니다. 본 발명의 다양한 특징과 그에

다른 장점과 효과는 아래의 구체적인 실시형태를 참조하여 보다 상세하게 이해될 수 있을 것이다.

발명의 효과

- [0012] 본 발명에 따른 탄소나노튜브 수평성장방법을 이용하는 경우 탄소나노튜브의 수직 성장 특성 및 배선 저항으로 인한 수평배선 형성이 어려운 문제점을 해결할 수 있으며, 재현성을 가지고 고집적 소자에 적용될 수 있다. 또한, 반도체 소자의 금속배선을 대체할 수 있는 탄소나노튜브로 형성된 수평배선을 제공할 수 있다.
- [0013] 또한, 본 발명에 따른 탄소나노튜브 수평성장방법을 이용하는 경우, 배선 길이 및 간격을 용이하게 제어할 수 있어 미세소자 제조에 유리하고, 반도체 제조 공정에 용이하게 적용하여 제조공정을 단순화함으로써 생산성을 향상시킬 수 있으며, 소형화 및 고성능화된 탄소나노튜브를 이용한 전계 효과 트랜지스터를 제공할 수 있다.
- [0014] 나아가, 상기와 같은 수평배선 및 전계 효과 트랜지스터를 이용하여 반도체를 제조하는 경우, 메모리 분야에 국한된 종래 반도체 영역을 비메모리 분야까지 확대 가능하므로 높은 경제성을 가지는 장점이 있다.

도면의 간단한 설명

- [0015] 도 1은 본 발명에 따른 탄소나노튜브 수평성장방법의 일 실시예를 나타낸 것이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0016] 이하, 도면을 참조하여, 본 발명을 보다 구체적으로 설명한다.
- [0017] 본 발명의 발명자들은 탄소나노튜브를 이용하여 반도체 소자의 금속배선을 대체할 수 있고, 재현성을 가지며, 길이, 간격을 균일하게 제어할 수 있는 수평배선 및 반도체 제조공정에 용이하게 적용할 수 있고 소형화, 고성능화가 가능한 트랜지스터를 개발하기 위해, 연구를 거듭한 결과 나노 채널을 이용하여 탄소나노튜브를 수평성장시키는 방법을 알아내고 본 발명을 완성하였다.
- [0018] 즉, 본 발명의 발명자들은 다수의 나노 채널을 형성시키고 이를 따라 탄소나노튜브를 촉매 도트로부터 성장시키는 방법을 개발함으로써, 탄소나노튜브의 수직 성장 특성으로 인한 수평배선형성의 어려움을 획기적으로 개선하여, 재현성이 우수하고, 탄소나노튜브의 길이 및 간격도 용이하게 제어할 수 있는 탄소나노튜브 수평성장방법에 관한 본 발명을 완성하였다.
- [0019] 또한, 상기와 같은 탄소나노튜브 수평성장방법을 이용하여 수평배선 및 전계 효과 트랜지스터(FET)를 제조할 수 있으며, 이를 활용하는 경우 반도체 제조공정을 현저하게 단순화시키고 생산성을 월등히 향상시킬 수 있음을 확인하였다.
- [0020] 본 발명의 제1태양에 따르면, (가)기관상에 탄소나노튜브를 성장시키기 위한 촉매 도트를 형성하는 단계, (나) 상기 촉매 도트가 형성된 영역을 포함하는 다수의 나노 채널을 포함하는 희생층을 형성하는 단계 및 (다)상기 나노 채널을 통해 탄소나노튜브를 성장시키는 단계를 포함하는 탄소나노튜브 수평성장방법을 제공할 수 있다.
- [0021] 이하, 도 1을 참조하여 본 발명의 탄소나노튜브 수평성장 방법을 보다 구체적으로 설명한다.
- [0022] 먼저, (가)기관(100)상에 탄소나노튜브를 성장시키기 위한 촉매 도트(110)를 형성한다. 이때, 상기 촉매 도트

(110)는 형성하고자 하는 배선의 수, 간격 등을 고려하여 적절한 개수 및 간격으로 형성될 수 있다. 예를 들면, 상기 촉매 도트(110)는 기판(100) 상에 소정의 간격으로 일방향으로 정렬될 수 있다. 참고로, 도 1 (a)에는 두 줄로 정렬된 촉매 도트(110)를 도시하였지만 본 발명의 실시예는 반드시 이에 제한되는 것은 아니다. 예를 들면, 촉매 도트들(110)을 대략 10nm 내지 100nm 간격에 포함되도록 복수의 촉매 도트들(110)을 배치할 수도 있다. 상기와 같은 촉매 도트(110)들의 간격은 형성하고자 하는 배선의 간격에 따라 달라질 수 있다.

[0023] 또한, 상기 촉매 도트(110)는 0.1nm 내지 5nm, 0.5nm 내지 3nm 또는 1nm 내지 4nm의 직경을 가지도록 형성될 수 있다. 상기 촉매 도트(110)의 크기에 따라 탄소나노튜브의 직경이 결정되므로 미세한 배선을 구현하기 위해서는 촉매의 직경은 작을수록 바람직하다.

[0024] 이때, 상기 촉매 도트(110)의 형성방법은 당해 기술분야에 잘 알려진 방법이면 제한 없이 사용할 수 있으나, 예를 들면 포토 리소그래피에 의해 수행될 수 있다. 상기 포토 리소그래피에 의해 촉매 도트(110)를 형성하는 방법은 예를 들면, 기판(100)상에 포토레지스트를 도포하고, 마스크를 이용하여 촉매 도트(110) 형성 위치를 선택적으로 노광한 후 에칭한 다음, 물리기상증착법(PVD) 또는 화학기상증착법(CVD) 등을 통해 촉매를 증착하는 방법으로 수행될 수 있다.

[0025] 여기서, 상기 기판(100)은 당해 기술분야에 잘 알려진 것이면 제한 없이 이용할 수 있으며, 예를 들면, 실리콘 기판을 이용할 수 있다.

[0026] 또한, 상기 기판(100)에는 절연층이 되는 산화막이 형성되며, 상기 산화막은 당해 기술분야에 잘 알려진 것이면 제한 없이 이용할 수 있으나, 예를 들면 실리콘 산화막(SiO₂)인 것이 바람직하다. 이때, 상기 산화막의 형성은 당해 기술분야에 잘 알려진 방법에 의해 수행될 수 있으며, 예를 들면 산소를 함유하는 실리콘 전구체의 열분해 증착 또는 산소가 존재하는 분위기에서의 실리콘 전구체의 열분해 증착에 의해 수행될 수 있다.

[0027] 한편, 상기 촉매는 당해 기술 분야에 잘 알려진 것을 제한 없이 사용할 수 있으나, 예를 들면 Ni, Co, Fe, Pd, Au, 이들을 포함하는 합금 및 이들을 포함하는 유기물로 이루어진 그룹에서 선택된 1종 이상일 수 있다.

[0028] 다음으로, (나)상기 촉매 도트(110)가 형성된 영역을 포함하는 다수의 나노 채널을 포함하는 희생층을 형성한다. 이때, 상기 (나)단계는 예를 들면, 상기 촉매 도트(110)가 형성된 영역을 포함하는 다수의 나노 채널을 형성하기 위해 제1희생층(120)을 형성하는 단계, 상기 제1희생층(120) 상부에 제2희생층(130)을 형성하는 단계 및 상기 제1희생층(120)을 제거하여 나노채널을 형성하는 단계를 포함하여 구현될 수 있다.

[0029] 여기서, 상기 촉매 도트(110)가 형성된 영역을 포함하는 다수의 나노 채널을 형성하기 위한 제1희생층(120)을 형성하는 단계는 당해 기술 분야에 잘 알려진 방법이면 제한 없이 사용할 수 있으나, 예를 들면 포토 레지스트를 이용하는 포토 리소그래피, 프린팅 또는 스탬프를 이용하는 패턴 전사방법 등에 의해 수행될 수 있다. 특히, 본 발명에 있어서, 상기 제1희생층(120)을 형성하는 방법은 오염 방지 측면에서 포토 리소그래피에 의해 수행되는 것이 바람직하다.

[0030] 이때, 상기 제1희생층(120)은 다수의 나노 채널을 형성하기 위한 것이므로 형성하고자 하는 배선의 형태에 따라 다양한 형태로 형성될 수 있다. 예를 들면 상기 제1희생층(120)은 도 1(b)에 도시된 바와 같이, 스트라이프 형태로 형성될 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다. 또한, 상기 제1희생층(120)은 상기 촉매 도트(110)를 하나 또는 둘 이상 포함할 수 있으며, 상기 촉매 도트(110)에 따라 폭이나 간격 등이 조절될 수 있다.

- [0031] 한편, 상기 제1회생층(120)은 후술할 제2회생층(130)과의 관계에서 선택적인 제거가 가능한 물질인 것이 바람직하며, 예를 들면 포토 레지스트 또는 이를 포함하는 유기물 등일 수 있다. 한편, 상기 포토 레지스트는 시판되는 제품을 사용할 수 있으며, 예를 들면 AZ1512 또는 AZ9260(AZ Electric Materials Co.) 등을 사용할 수 있으나, 이로써 한정되는 것은 아니다.
- [0032] 다음으로, 도 1의 (c)에 나타난 바와 같이, 상기 제1회생층(120) 상부에 제2회생층(130)을 형성하는 단계가 수행될 수 있다. 제2회생층(130)을 형성하는 방법은 당해 기술 분야에 잘 알려진 방법이면 제한 없이 사용할 수 있으나, 예를 들면 화학기상증착법(Chemical vapor deposition, CVD), 열 화학기상증착법(Thermal Chemical vapor deposition, Thermal CVD), 플라즈마 화학기상증착법 (Plasma enhanced chemical vapor deposition, PECVD), 물리기상증착법(Pyhsical vapor deposition, PVD), 열 증착법(Thermal evaporation) 또는 스퍼터링(Sputtering)에 의해 수행될 수 있다. 본 발명에 있어서, 상기 제2회생층(130)을 형성하는 방법은 공정의 용이성을 위하여 PECVD에 의해 수행되는 것이 바람직하다.
- [0033] 여기서, 제2회생층(130)은 상기 기판(100)상에 형성된 산화막과 선택적인 제거가 가능한 물질이면 제한 없이 이용할 수 있으며, 예를 들면 Si_3N_4 , SiGe 또는 이들의 조합으로 이루어진 그룹에서 선택된 1종 이상일 수 있다. 특히, 본 발명에 있어서, 상기 제2회생층(130)은 제1회생층(120)과 선택적인 제거가 용이한 Si_3N_4 인 것이 바람직하다.
- [0034] 다음으로, 상기 제2회생층(130) 형성 후에 제1회생층(120)을 제거하여 나노채널을 형성하는 단계가 수행될 수 있다. 이때, 상기 제1회생층(120)을 제거하는 방법은 당해 기술분야에 잘 알려진 방법이면 제한 없이 이용할 수 있으나, 예를 들면 포토 레지스트 등의 유기물을 제거할 수 있는 유기용제에 녹여서 제거하는 방법에 의해 수행될 수 있다. 이때, 상기 유기용제로는 포토 레지스트를 제거하는데 사용되는 식각액이 제한 없이 사용될 수 있으며, 예를 들면 아세톤 등을 이용하여 제거할 수 있다. 도 1의 (e)는 상기와 같은 방법으로 제1회생층(120)이 제거되고 나노채널이 형성된 상태를 나타낸 것이다.
- [0035] 상기 제1회생층(120)과 제2회생층(130) 사이의 선택비는 수치상으로 100:1 이상이며, 상기 선택비는 용매에 의해 식각되는 두 가지 이상의 물질 사이의 식각 속도비이다. 본 명세서상에서 언급한 100:1 이상의 식각 속도비는 제1회생층(120)의 식각 속도를 100이라고 할 때, 제2회생층(130)의 식각 속도가 1인 것을 의미한다. 즉, 용매에 의해 제1회생층(120)은 용해되나 제2회생층(130)은 거의 용해되지 않는 것이다.
- [0036] 한편, 필수적인 것은 아니나, 필요에 따라, 상기 제2회생층(130)을 형성하는 단계는, 상기 제1회생층(120)상에 제2회생층(130)을 형성하는 단계 이후에, 제2회생층(130)의 패터닝하는 단계를 추가로 포함할 수 있다. 여기서, 제2회생층(130)을 패터닝하는 방법은 필요에 따라 적절히 조절될 수 있으며, 당해 기술분야에 잘 알려진 방법이면 제한 없이 사용할 수 있다. 예를 들면 포토 리소그래피에 의해 수행될 수 있다. 이와 같이, 제2회생층(130)을 패터닝할 경우, 탄소나노튜브의 성장 길이를 제어할 수 있으므로 배선 길이를 조절할 수 있는 장점이 있다. 도 1의 (d)는 상기와 같은 방법으로 패터닝된 제2회생층(130')의 일 예를 나타낸 것이다.
- [0037] 본 발명에 따른 탄소나노튜브 수평성장방법에 있어서, 상기와 같은 방법으로 수행되는 (가)단계 및 (나)단계 후에, (다)상기 나노 채널을 통해 탄소나노튜브를 성장시키는 단계가 수행된다. 여기서, 상기 탄소나노튜브를 성장시키는 방법은 당해 기술 분야에 잘 알려진 방법이면 제한 없이 사용할 수 있으나, 예를 들면 화학기상증착법(Chemical vapor deposition, CVD), 열 화학기상증착법(Thermal Chemical vapor deposition, Thermal CVD), 플라즈마 화학기상증착법 (Plasma enhanced chemical vapor deposition, PECVD), 촉매열분해법(catalyst thermal reduction) 또는 핫-필라멘트 기상 증착법(hot-filament vapor deposition)에 의해 수행될 수 있다.

- [0038] 선택적으로, 상기 (다)단계 후에 상기 회생층을 제거하는 단계를 추가로 포함할 수 있다. 상기 회생층의 제거는 당해 기술분야에 잘 알려진 방법이면 제한되는 것은 아니나, 예를 들면 인산(H_3PO_4) 용액에 침지시켜 제2회생층(130)을 제거하는 방법으로 수행될 수 있다.
- [0039] 상기와 같은 방법으로 수행되는 본 발명에 따른 탄소나노튜브 수평성장방법에 따르면, 탄소나노튜브를 이용한 수평배선 형성의 어려움을 획기적으로 개선할 수 있다.
- [0040] 본 발명의 제2태양에 따르면, 평행하게 배열된 다수의 배선을 포함하며, 상기 배선은 상기 탄소나노튜브 수평성장방법을 이용하여 수평성장된 탄소나노튜브로 형성된 것인 수평배선을 제공한다.
- [0041] 본 발명의 수평배선(140)에 있어서, 상기 탄소나노튜브는 다중벽(Multi-wall)일 수 있다. 여기서 상기 다중벽 탄소나노튜브는 동심원상에 여러 겹의 나노튜브가 존재하는 것을 의미한다. 이와 같은 다중벽 탄소나노튜브는 전기전도성이 매우 높고 결합강도가 우수하여 일렉트로 마이그레이션(electromigration, EM)에 대한 내성이 매우 높은 장점이 있다.
- [0042] 또한, 상기 배선의 수평배선은 그 폭이 1nm 내지 10 μm , 2nm 내지 30nm, 5nm 내지 80nm 또는 50nm 내지 1 μm 일 수 있다.
- [0043] 나아가, 상기 배선의 수평배선은 그 높이가 1nm 내지 1 μm , 2nm 내지 10nm, 5nm 내지 50nm 또는 20nm 내지 100nm일 수 있다.
- [0044] 한편, 상기 배선의 수평배선은 그 간격이 1nm 내지 1mm, 5nm 내지 50nm, 10nm 내지 100nm 또는 80nm 내지 1 μm 일 수 있다.
- [0045] 본 발명에 있어서, 수평배선의 폭, 높이 또는 간격이 상기 수치 범위를 만족하는 경우 수 nm에서 수십 nm 정도의 배선폭, 높이 또는 간격이 요구되는 로컬(Local) 영역 및 수백 nm에서 수 μm 의 배선폭, 높이 또는 간격이 요구되는 글로벌(Global) 영역에서 다양하게 이용할 수 있다.
- [0046] 상기와 같은 본 발명에 따른 수평배선은, 탄소나노튜브로 형성된 것으로 길이 및 간격을 균일하게 제어할 수 있고, 재현성을 가지며, 반도체 설계에 있어서 금속배선의 대체가 가능하므로 고집적 소자의 구현이 가능한 장점이 있다.
- [0047] 본 발명의 제3태양에 따르면, 상기 탄소나노튜브 수평성장방법을 이용하여 수평성장된 탄소나노튜브의 양 끝단에 전극을 형성하는 단계 및 상기 전극을 통해 전류를 흘려 금속성 탄소나노튜브를 제거하는 단계를 포함하는 전계 효과 트랜지스터(FET) 제조방법을 제공한다.
- [0048] 이때, 상기 전극(150)을 형성하는 단계는 당해 기술분야에 잘 알려진 방법이면 제한 없이 사용할 수 있으나, 예를 들면 화학기상증착법(Chemical vapor deposition, CVD) 또는 물리기상증착법(Pyhsical vapor deposition, PVD)에 의해 수행될 수 있다.
- [0049] 다음으로, 상기 전극을 통해 전류를 흘려 금속성 탄소나노튜브를 제거하는 단계는 당해 기술분야에 잘 알려진

방법이면 제한 없이 사용할 수 있으나, 예를 들면 양단의 전극 사이에 전원을 연결하여 탄소나노튜브가 연소될 수 있을 정도의 큰 전류를 흘려주는 방법으로 수행될 수 있다.

- [0050] 상기와 같은 방법으로 전계 효과 트랜지스터를 제조하는 경우, 금속성 나노튜브만을 선택적으로 용이하게 제거할 수 있으므로, 어레이를 형성한 반도체성 탄소나노튜브를 형성하는 것이 가능하여 소형화 및 고집적화된 전계 효과 트랜지스터를 얻을 수 있다.
- [0051] 본 발명의 제4태양에 따르면, 평행하게 배열된 다수의 배선을 포함하며, 상기 배선은 본 발명에 따른 탄소나노튜브 수평성장방법을 이용하여 수평성장된 탄소나노튜브로 형성된 것인 전계 효과 트랜지스터(FET)를 제공한다.
- [0052] 본 발명의 전계 효과 트랜지스터에 있어서, 상기 탄소나노튜브는 단일벽(Single-wall)일 수 있다. 상기와 같은 단일벽 탄소나노튜브는 금속성과 반도체성이 혼재하고 있으며, 트랜지스터에 응용하고자 하는 경우에는 반드시 반도체성 탄소 나노튜브만을 선별하여 사용하여야 한다. 반도체성 탄소나노튜브는 게이트 전압에 의해 채널의 전기전도도의 조절이 가능(gating)하면서도 탄소나노튜브의 일반적인 특징인 우수한 전기전도성과 일렉트로 마이그레이션(electromigration, EM) 내성을 갖는 장점이 있다.
- [0053] 상기와 본 발명에 따른 전계 효과 트랜지스터를 이용하면 소형화 및 고성능화된 반도체를 제조할 수 있고, 반도체 제조 공정에 용이하게 적용할 수 있으므로 공정의 단순화가 가능하고 생산성을 현저하게 향상시킬 수 있는 효과가 있다.

부호의 설명

- [0054] 100 : 기관
- 110 : 촉매 도트
- 120 : 제1회생층
- 130, 130' : 제2회생층
- 140 : 탄소나노튜브 수평배선
- 150 : 전극

도면

도면1

