(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2015년06월09일
(11) 등록번호 10-1527317
(24) 등록일자 2015년06월02일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B82B 3/00 (2006.01) *B82B 1/00* (2006.01)
(21) 출원번호 10-2014-0010610
(22) 출원일자 2014년01월28일
심사청구일자 2014년01월28일
(56) 선행기술조사문헌
KR1020090053742 A*
KR100825753 B1
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
고려대학교 산학협력단
서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동5가)
(72) 발명자
이병양
서울특별시 강남구 압구정로 401 한양아파트 53동 1202호
전태진
경상북도 김천시 양금로 196 동보수정아파트 202호
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
이동건

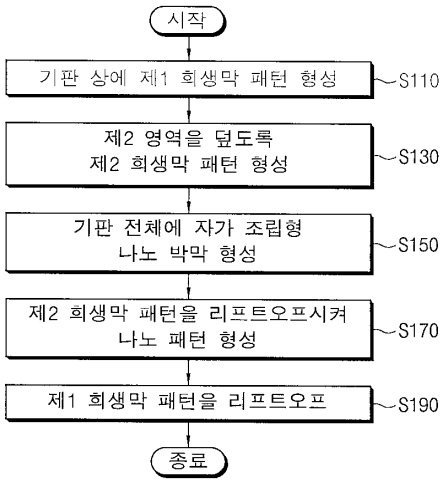
전체 청구항 수 : 총 9 항 심사관 : 정명주

(54) 발명의 명칭 **나노 구조물의 형성 방법 및 이를 이용한 나노 소자의 제조 방법**

(57) 요 약

나노 구조물의 형성 방법에 있어서, 제1 영역 및 제2 영역으로 구획된 기판 상에 제1 및 제2 영역들을 가로지르게 연장된 제1 희생막 패턴을 형성한다. 기판 상에 제2 영역을 덮도록, 제1 희생막 패턴에 대한 식각 선택비를 갖는 물질로 이루어진 제2 희생막 패턴을 형성한다. 제1 및 제2 희생막 패턴을 포함하는 기판 전체에 자기 조립형 나노 박막을 형성한다. 기판으로부터 제2 희생막 패턴을 리프트 오프하여, 제1 희생막 패턴의 측벽에 수직 방향으로 연장된 나노 패턴을 형성한다.

대 표 도 - 도1



(72) 발명자

손종렬

서울특별시 성동구 매봉길 15 래미안옥수리버젠1단지 104동 1302호

진준형

서울특별시 마포구 동교로38길 8

박민준

충청남도 부여군 부여읍 가탑로 121

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1485011257
부처명 환경부
연구관리전문기관 한국환경산업기술원
연구사업명 생활공감환경보건기술
연구과제명 알레르기 질환 환경유해인자 통합 검출 센서 개발
기 여 율 1/2
주관기관 고려대학교 산학협력단
연구기간 2013.04.01 ~ 2014.03.31

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 2013010802
부처명 미래창조과학부
연구관리전문기관 한국연구재단
연구사업명 일반연구자-신진(연구장비)
연구과제명 바이러스 기반 신에너지 압전물질 개발
기 여 율 1/2
주관기관 고려대학교 산합협력단
연구기간 2013.06.01 ~ 2014.05.31

명 세 서

청구범위

청구항 1

제1 영역 및 제2 영역으로 구획된 기판 상에 상기 제1 및 제2 영역들을 가로지르게 연장된 제1 희생막 패턴을 형성하는 단계;

상기 기판 상에 상기 제2 영역을 덮도록, 상기 제1 희생막 패턴에 대한 식각 선택비를 갖는 물질로 이루어진 제2 희생막 패턴을 형성하는 단계;

상기 제1 및 제2 희생막 패턴을 포함하는 기판 전체에 자기 조립형 나노 박막을 형성하는 단계; 및

상기 기판으로부터 상기 제2 희생막 패턴을 리프트 오프하여, 상기 제1 희생막 패턴의 측벽에 수직 방향으로 연장된 나노 패턴을 형성하는 단계를 포함하는 나노 구조물의 형성 방법.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 기판으로부터 상기 제1 희생막 패턴을 선택적으로 리프트 오프시키는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 나노 구조물의 형성 방법.

청구항 3

제1항에 있어서, 상기 기판 전체에 자기 조립형 나노 박막을 형성하는 단계는 나노 물질이 포함하는 용액에 침지시키는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 나노 구조물의 형성 방법.

청구항 4

제3항에 있어서, 상기 나노 물질은 탄소나노튜브, 그래핀 및 나노 와이어 중 적어도 하나를 포함하는 것을 특징으로 하는 나노 구조물의 형성 방법.

청구항 5

도전 영역 및 절연 영역으로 구획된 기판 상에 상기 도전 영역 및 상기 절연 영역을 가로지르게 연장된 제1 희생막 패턴을 형성하는 단계;

상기 기판 상에 상기 절연 영역을 덮도록, 상기 제1 희생막 패턴에 대한 식각 선택비를 갖는 물질로 이루어진 제2 희생막 패턴을 형성하는 단계;

상기 제1 및 제2 희생막 패턴들을 포함하는 기판 전체에 자기 조립형 나노 박막을 형성하는 단계;

상기 제1 희생막 패턴의 적어도 하나의 측벽을 제외한 나머지 기판 전체에 상기 나노 박막을 덮도록 금속 박막을 형성하는 단계; 및

상기 제2 희생막 패턴을 리프트 오프하여, 상기 기판의 도전 영역에 수직 방향으로 연장된 나노 패턴 및 적어도 하나의 전극을 형성하는 단계를 포함하는 나노 소자의 제조 방법.

청구항 6

제5항에 있어서, 상기 제1 희생막 패턴을 선택적으로 제거하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 나노 소자의 제조 방법.

청구항 7

제5항에 있어서, 상기 제2 희생막 패턴을 리프트 오프하는 단계는 식각액을 이용하는 습식 식각 공정을 포함하는 것을 특징으로 하는 나노 소자의 제조 방법.

청구항 8

제5항에 있어서, 상기 제1 희생막 패턴은 금속 물질로 형성되며, 상기 제2 희생막 패턴은 감광성 고분자 물질로 이루어진 것을 특징으로 하는 나노 소자의 제조 방법.

청구항 9

제5항에 있어서, 상기 나노 박막을 덮도록 금속 박막을 형성하는 단계는 경사 금속 증착 공정을 수행하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 나노 소자의 제조 방법.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 나노 구조물의 형성 방법 및 이를 이용한 나노 소자의 제조 방법에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 기판에 대하여 수직 방향으로 형성된 나노 구조물의 형성 방법 및 상기 나노 구조물의 형성 방법을 이용한 나노 소자의 제조 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 일반적으로 나노와이어, 나노튜브, 나노시트와 같은 나노 물질은 이차원적인 수평 방향으로 배열된다. 상기 나노 물질을 이용하는 나노기술의 장점은 미세한 나노구조체 생성이 가능하다는 것이며, 구조 내에서도 이전에는 나타나지 않는 전기 및 화학적 특징을 보인다는 것이다.

[0003] 하지만 수평 배열을 통하여 형성된 나노 구조체는 효율의 집접화 및 미세한 구조적 장점을 감쇠시키는 그 한계를 갖는다. 즉, 상기 나노물질을 보다 다양한 분야에 응용하기 위하여 기판에 대하여 수직 방향으로 배열하는 것이 요구되고 있다. 이에 나노 물질의 수직정렬에 대한 관심이 점차 증가하고 있다.

[0004] 한편, 기존의 수직 정렬된 나노구조체의 형성 방법에 따르면, 고온의 온도 조건하에서 기판 상에 수직으로 성장시키는 공정들이 대부분이다. 이러한 고온 성장 공정은 고온 조건, 고가 장비 등을 필요로 한다.

[0005] 이에, 상대적으로 낮은 온도, 즉 저온에서 수직정렬된 나노 구조체를 제조할 수 있는 방법이 연구되고 있다. 이에 대한 선행문헌으로서 희생 구조물 및 소수성 분자막을 이용한 탄소결합체의 수직 정렬된 구조체 제조 방법이 대한민국공개특허공보 제10-2009-0053742 (공개일자:2009.05.27.)에 개시되어 있다. 이 기술의 특징은 소수성 분자막을 패터닝하여 탄소 결합체를 원하는 부분에만 선택적으로 흡착시켜 수직 정렬된 나노구조체를 형성하는 것이다. 하지만, 소수성 분자막을 패터닝하는 공정은 외부 환경, 특히 습도에 민감한 문제를 갖는다. 이는 결국 습도 등과 같은 외부 환경에 따라 수직 정렬된 나노구조체 제조 효율이 결정되기 때문에 상당히 불안정한 제조 공정을 포함하고 있다.

[0006] 따라서, 상기 수직 정렬된 나노 구조체를 제조하기 위해서는, 소수성 분자막을 형성하고 상기 소수성 분자막을 패터닝하는 화학적 공정이 복잡하며, 나아가, 상기 소수성 분자막에 대한 패터닝 공정은 습도 등과 같은 외부 인자에 영향을 받는 문제가 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 본 발명의 일 목적은 단순화된 공정을 통하여 외부 인자에 대한 영향을 감소시킬 수 있는 나노 구조물의 형성 방법을 제공하는 것이다.

[0008] 본 발명의 다른 목적은 상기 나노 구조물의 형성 방법을 이용하여 나노 소자를 제조하는 나노 소자의 제조 방법을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0009] 본 발명의 실시예들에 따른 나노 구조물의 형성 방법에 있어서, 제1 영역 및 제2 영역으로 구획된 기판 상에 상기 제1 및 제2 영역들을 가로지르게 연장된 제1 희생막 패턴을 형성한다. 상기 기판 상에 상기 제2 영역을 덮도록, 상기 제1 희생막 패턴에 대한 식각 선택비를 갖는 물질로 이루어진 제2 희생막 패턴을 형성한다. 상기 제1 및 제2 희생막 패턴을 포함하는 기판 전체에 자기 조립형 나노 박막을 형성한다. 상기 기판으로부터 상기 제2 희생막 패턴을 리프트 오프하여, 상기 제1 희생막 패턴의 측벽에 수직 방향으로 연장된 나노 패턴을 형성한다.

[0010] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 기판으로부터 상기 제1 희생막 패턴을 선택적으로 리프트 오프시키는 공정이 추가적으로 수행될 수 있다.

[0011] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 기판 전체에 자기 조립형 나노 박막을 형성하기 위하여, 나노 물질이 포함하는 용액에 침지시키는 공정이 수행될 수 있다. 여기서, 상기 나노 물질은 탄소나노튜브, 그래핀 및 나노 와이어 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.

[0012] 본 발명의 실시예들에 따른 나노 소자의 형성 방법에 있어서, 도전 영역 및 절연 영역으로 구획된 기판 상에 상기 도전 영역 및 상기 절연 영역을 가로지르게 연장된 제1 희생막 패턴을 형성한다. 상기 기판 상에 상기 절연 영역을 덮도록, 상기 제1 희생막 패턴에 대한 식각 선택비를 갖는 물질로 이루어진 제2 희생막 패턴을 형성한다. 상기 제1 및 제2 희생막 패턴들을 포함하는 기판 전체에 자기 조립형 나노 박막을 형성한다. 상기 제1 희생막 패턴의 적어도 하나의 측벽을 제외한 나머지 기판 전체에 상기 나노 박막을 덮도록 금속 박막을 형성한 후, 상기 제2 희생막 패턴을 리프트 오프하여, 상기 기판의 도전 영역에 수직 방향으로 연장된 나노 패턴 및 적어도 하나의 전극을 형성한다.

[0013] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 제1 희생막 패턴을 선택적으로 제거하는 공정이 추가적으로 수행될 수 있다.

[0014] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 제2 희생막 패턴을 리프트 오프시키기 위하여, 식각액을 이용하는 습식 식각 공정이 추가적으로 수행될 수 있다.

[0015] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 제1 희생막 패턴은 금속 물질로 형성되며, 상기 제2 희생막 패턴은 감광성 고분자 물질로 이루어질 수 있다.

[0016] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 나노 박막을 덮도록 금속 박막을 형성하기 위하여, 경사 금속 증착 공정이 수행될 수 있다.

발명의 효과

[0017] 본 발명에 따른 나노 구조물의 형성 방법 및 이를 이용한 나노 소자의 제조 방법에 따르면 상호 식각 선택비를 갖는 물질로 각각 이루어진 제1 희생막 패턴 및 제2 희생막 패턴을 형성하고 상기 제1 및 제2 희생막 패턴들을 각각 이용하여 원하는 영역에 수직 방향으로 연장된 나노 패턴을 형성할 수 있다. 이로써 소수성 분자막을 형성하는 상기 소수성 분자막을 패터닝하는 공정이 생략됨으로써 기판에 대하여 수직 정렬된 나노 패턴을 보다 단순화된 공정으로 형성할 수 있다. 또한, 소수성 분자막을 패터닝할 경우에 습도와 같은 외부 인자에 민감하여 제조 효율이 감소되는 문제가 해결될 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0018] 도 1은 본 발명의 실시예들에 따른 나노 구조물의 형성 방법을 설명하기 위한 순서도이다.

도 2 내지 도 도8은 본 발명의 실시예예에 따른 나노 소자의 제조 방법을 설명하기 위한 사시도들이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0019] 이하, 첨부한 도면을 참조하여 본 발명의 실시예들에 대해 상세히 설명한다. 본 발명은 다양한 변경을 가할 수 있고 여러 가지 형태를 가질 수 있는 바, 특정 실시예들을 도면에 예시하고 본문에 상세하게 설명하고자 한다. 그러나, 이는 본 발명을 특정한 개시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변경, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다. 첨부된 도면에 있어서, 대상물들의 크기와 양은 본 발명의 명확성을 기하기 위하여 실제보다 확대 또는 축소하여 도시한 것이다.

[0020] 제1, 제2 등의 용어는 다양한 구성요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 상기 구성요소들은 상기 용어들에 의해 한정되어서는 안 된다. 상기 용어들은 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하는 목적으로만 사용된다. 예를 들어, 본 발명의 권리 범위를 벗어나지 않으면서 제1 구성요소는 제2 구성요소로 명명될 수 있고, 유사하게 제2 구성요소도 제1 구성요소로 명명될 수 있다.

[0021] 본 출원에서 사용한 용어는 단지 특정한 실시예를 설명하기 위해 사용된 것으로, 본 발명을 한정하려는 의도가 아니다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 출원에서, "포함하다" 또는 "구비하다" 등의 용어는 명세서 상에 기재된 특징, 단계, 기능, 구성요소 또는 이들을 조합한 것이

존재함을 지정하려는 것이지, 다른 특징들이나 단계, 기능, 구성요소 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.

[0022] 한편, 다르게 정의되지 않는 한, 기술적이거나 과학적인 용어를 포함해서 여기서 사용되는 모든 용어들은 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 일반적으로 이해되는 것과 동일한 의미를 가지고 있다. 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 것과 같은 용어들은 관련 기술의 문맥 상 가지는 의미와 일치하는 의미를 가지는 것으로 해석되어야 하며, 본 출원에서 명백하게 정의하지 않는 한, 이상적이거나 과도하게 형식적인 의미로 해석되지 않는다.

[0023] 나노 구조물의 형성 방법

[0024] 도 1은 본 발명의 실시예들에 따른 나노 구조물의 형성 방법을 설명하기 위한 순서도이다.

[0025] 도 1을 참조하면, 본 발명의 실시예들에 따른 나노 구조물의 형성 방법에 있어서, 제1 영역 및 제2 영역으로 구획된 기판을 준비한다.

[0026] 상기 기판은 실리콘 단결정 기판, 실리콘 온 인슐레이터(silicon on insulator; SOI) 기판, 또는 유리 기판을 포함할 수 있다. 또한 상기 기판은 제1 영역 및 제2 영역으로 구획될 수 있다. 상기 제1 영역은 예를 들면, 도전 영역에 해당하면, 상기 제2 영역은 절연 영역에 해당할 수 있다.

[0027] 상기 제1 및 제2 영역들을 가로지르게 연장된 제1 희생막 패턴이 형성된다(S110). 상기 제1 희생막 패턴의 일면을 따라 수직으로 정렬된 나노 박막이 형성될 수 있다. 상기 제1 희생막 패턴은 제1 방향으로 연장된 바 형상을 가질 수 있다. 상기 제1 희생막 패턴은 예를 들면 알루미늄, 구리, 등과 같은 금속 물질로 이루어 질 수 있다.

[0028] 예를 들면, 먼저 기판 상에 제1 희생막을 형성하고 상기 제1 희생막을 패터닝함으로써 상기 제1 희생막 패턴이 형성될 수 있다. 상기 제1 희생막은 예를 들면 열증착 공정(thermal evaporation process) 또는 이온빔 증착 공정(E-beam deposition process)을 통하여 형성될 수 있다.

[0029] 이어서, 상기 기판 상에 상기 제2 영역을 덮도록 제2 희생막 패턴이 형성된다 (S130). 상기 제2 희생막 패턴은 후속하는 리프트 오프 공정에 의하여 제거된다. 이때 상기 제2 영역에 형성된 나노 박막이 함께 제거됨으로써 상기 제1 영역에만 선택적으로 나노 패턴이 형성될 수 있다.

[0030] 즉, 상기 제1 영역에만 선택적으로 나노 패턴을 형성하기 위한 제2 영역에 소수성 분자막 패턴을 형성하는 공정이 생략될 수 있다. 다시 말하면, 소수성 분자막을 형성하는 공정 및 상기 소수성 분자막을 패터닝하여 소수성 분자막 패턴을 형성하는 공정이 생략될 수 있다. 특히 소수성 분자막을 패턴하는 패터닝 공정이 생략됨에 따라 상기 소수성 분자막의 패터닝 공정 시에 습도의 영향으로 인한 공정 불량이 억제될 수 있다.

[0031] 상기 제2 희생막 패턴은 상기 제1 희생막 패턴에 대한 식각 선택비를 갖는 물질로 이루어진다. 예를 들면, 제1 희생막 패턴이 알루미늄과 같은 금속 물질로 이루어질 경우, 상기 제2 희생막 패턴은 고분자 물질로 이루어 질 수 있다.

[0032] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 제2 희생막 패턴은 감광성 고분자 물질로 형성될 수 있다. 이로써 감광성 고분자 물질로 이루어진 제2 희생막을 형성한 후, 상기 제2 희생막에 대한 노광 공정 및 형상 공정을 통하여 제2 희생막 패턴이 용이하게 형성될 수 있다.

[0033] 상기 제1 및 제2 희생막 패턴을 포함하는 기판 전체에 자기 조립형 나노 박막이 형성된다(S150). 이때 상기 자기 조립형 나노 박막은 제1 희생막 패턴의 측벽 및 제2 희생막 패턴의 측벽를 따라 수직으로 연장된 수직 연장부를 포함할 수 있다. 상기 수직 연장부는 후속하는 후속하는 리프트 오프 공정에 의하여 나노 패턴으로 전환될 수 있다.

[0034] 상기 자기 조립형 나노 박막은 예를 들면, 나노 물질이 포함하는 용액에 침지시키는 침지 공정을 통하여 형성될 수 있다. 또한 상기 나노 물질의 예로는 탄소나노튜브, 그래핀 및 나노 와이어 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.

[0035] 이어서, 상기 기판으로부터 상기 제2 희생막 패턴을 리프트 오프하여, 상기 제1 희생막 패턴의 측벽에 수직 방향으로 연장된 나노 패턴이 형성된다(S170). 상기 기판으로부터 상기 제2 희생막 패턴을 리프트 오프하기 위하여 제1 식각액을 이용하는 제1 리프트 오프 공정이 수행될 수 있다. 이때 상기 제2 희생막 패턴을 이루는 물질

은 상기 제1 희생막 패턴에 대하여 식각 선택비를 갖는다. 따라서, 상기 제1 리프트 오프 공정을 통하여 상기 제2 희생막 패턴이 선택적으로 제거되는 반면에 상기 제1 희생막 패터은 상기 기판 상에 잔류할 수 있다.

[0036] 이로써 상기 제1 희생막 패턴의 측부를 따라 수직으로 연장된 나노 패턴이 형성된다. 또한 상기 제2 영역에 형성된 제2 희생막 패턴이 제거됨에 따라 상기 제2 영역에 형성된 나노 박막이 부분적으로 기판으로부터 제거될 수 있다. 따라서, 상기 제1 영역에만 선택적으로 수직 정렬된 상기 나노 패턴이 선택적으로 형성될 수 있다. 이로써 상기 제1 영역에 선택적으로 상기 나노 패턴을 형성하기 위한 소수성 분자막 패턴을 형성하는 공정이 생략될 수 있다.

[0037] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 기판으로부터 상기 제1 희생막 패턴이 선택적으로 리프트 오프될 수 있다. 즉, 상기 제1 희생막 패턴을 리프트 오프시키는 제2 리프트 오프 공정이 수행될 수 있다. 상기 제2 리프트 오프 공정에 있어서, 산 용액(acid solution)을 식각액으로 이용하는 습식 딥 아웃(wet dip-out) 공정이 적용될 수 있다.

[0038] 나노 소자의 제조 방법

[0039] 도 2 내지 도 도8은 본 발명의 실시예예에 따른 나노 소자의 제조 방법을 설명하기 위한 사시도들이다.

[0040] 도 2를 참조하면, 본 발명의 실시예들에 따른 나노 구조물의 형성 방법에 있어서, 도전 영역(111) 및 절연 영역(115)으로 구획된 기판(100)을 준비한다.

[0041] 상기 기판(100)은 실리콘 단결정 기판, 실리콘 온 인슐레이터(silicon on insulator; SOI) 기판, 또는 유리 기판을 포함할 수 있다. 또한 상기 기판(100)은 상호 마주보도록 구비된 절연 영역들(115) 및 상기 절연 영역들(115)을 제외한 나머지 영역에 해당하는 도전 영역(111)으로 구획된다. 상기 도전 영역(111)에는 전극들 및 나노 패턴이 형성되며, 상기 절연 영역(115)는 전극 또는 나노 패턴이 형성되지 않고 노출될 수 있다.

[0042] 도 3을 참조하면, 상기 도전 영역(111) 및 절연 영역(115)을 가로지르게 연장된 제1 희생막 패턴(120)이 형성된다. 상기 제1 희생막 패턴(120)의 일 측면을 따라 수직으로 정렬된 나노 박막이 형성될 수 있다. 상기 제1 희생막 패턴(120)은 제1 방향으로 연장된 바 형상을 가질 수 있다. 상기 제1 희생막 패턴(120)은 예를 들면 알루미늄, 구리, 등과 같은 금속 물질로 이루어 질 수 있다.

[0043] 예를 들면, 먼저 기판 상에 제1 희생막을 형성하고 상기 제1 희생막을 패터닝함으로써 상기 제1 희생막 패턴이 형성될 수 있다. 상기 제1 희생막은 예를 들면 열증착 공정(thermal evaporation process) 또는 이온빔 증착 공정(E-beam deposition process)을 통하여 형성될 수 있다.

[0044] 도 4를 참조하면, 상기 기판(110) 상에 상기 절연 영역(115)을 덮도록 제2 희생막 패턴(130)이 형성된다. 상기 제2 희생막 패턴(130)은 후속하는 리프트 오프 공정에 의하여 제거된다. 이때 상기 절연 영역(115)에 형성된 나노 박막이 함께 제거됨으로써 상기 도전 영역(111)에만 선택적으로 나노 패턴이 형성될 수 있다.

[0045] 따라서, 상기 도전 영역(111)에만 선택적으로 나노 패턴을 형성하기 위한 절연 영역(115)에 소수성 분자막 패턴을 형성하는 공정이 생략될 수 있다. 다시 말하면, 소수성 분자막을 형성하는 공정 및 상기 소수성 분자막을 패터닝하여 소수성 분자막 패턴을 형성하는 공정이 생략될 수 있다. 특히 소수성 분자막을 패턴하는 패터닝 공정이 생략됨에 따라 상기 소수성 분자막의 패터닝 공정시 습도의 영향으로 인한 공정 불량이 억제될 수 있다.

[0046] 상기 제2 희생막 패턴(130)은 상기 제1 희생막 패턴(120)에 대한 식각 선택비를 갖는 물질로 이루어진다. 예를 들면, 제1 희생막 패턴(120)이 알루미늄과 같은 금속 물질로 이루어질 경우, 상기 제2 희생막 패턴(130)은 고분자 물질로 이루어 질 수 있다.

[0047] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 제2 희생막 패턴(130)은 감광성 고분자 물질로 형성될 수 있다. 즉, 감광성 고분자 물질로 이루어진 제2 희생막을 형성한 후, 상기 제2 희생막에 대한 노광 공정 및 형상 공정을 통하여 제2 희생막 패턴(130)이 용이하게 형성될 수 있다.

[0048] 도 5를 참조하면, 상기 제1 및 제2 희생막 패턴들(120, 130)을 포함하는 기판 전체에 자기 조립형 나노 박막(140)이 형성된다. 이때 상기 자기 조립형 나노 박막(140)은 제1 희생막 패턴(120)의 측벽 및 제2 희생막 패턴(130)의 측벽를 따라 수직으로 연장된 수직 연장부를 포함할 수 있다. 상기 수직 연장부 중 일부는 후속하는 후속하는 리프트 오프 공정에 의하여 나노 패턴으로 전환될 수 있다.

[0049] 상기 자기 조립형 나노 박막(140)은 예를 들면, 나노 물질이 포함하는 용액에 침지시키는 침지 공정을 통하여 형성될 수 있다. 또한 상기 나노 물질의 예로는 탄소나노튜브, 그래핀 및 나노 와이어 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.

[0050] 도 6을 참조하면, 상기 제1 희생막 패턴(130)의 적어도 하나의 측벽을 제외한 상기 자기 조립형 나노 박막(140)을 포함하는 기판 전체에 걸쳐 도전성 박막(150)을 형성한다. 상기 도전성 박막(150)은 후속하는 리프트 오프 공정으로 통하여 전극으로 변환될 수 있다. 상기 도정성 박막(150)은 예를 들면 경사 금속 증착 공정을 통하여 형성될 수 있다. 이로써 상기 제1 희생막 패턴(120)의 일 측벽 및 제2 희생막 패턴(130)의 일측을 제외한 기판(110) 전체에 걸쳐서 상기 도전성 박막(150)이 형성될 수 있다.

[0051] 한편, 상기 제2 희생막 패턴(130)의 타측에 수직 정렬된 도전성 박막은 후속하여 상기 제2 희생막 패턴(130)을 제거하는 리프트 오프 공정에서 제거되며, 상기 제1 희생막 패턴(120)의 타측에 수직 정렬된 도전성 박막은 후속하여 상기 제1 희생막 패턴(120)을 제거하는 리프트 오프 공정에서 상기 나노 박막과 함께 잔류할 수 있다.

[0052] 도 7을 참조하면, 상기 기판(110)으로부터 상기 제2 희생막 패턴(130)을 리프트 오프하여, 상기 제1 희생막 패턴(120)의 측벽에 수직 방향으로 연장된 나노 패턴(145)이 형성된다. 상기 기판으로부터 상기 제2 희생막 패턴(130)을 리프트 오프하기 위하여 제1 식각액을 이용하는 제1 리프트 오프 공정이 수행될 수 있다. 이때 상기 제2 희생막 패턴(130)을 이루는 물질은 상기 제1 희생막 패턴(120)에 대하여 식각 선택비를 갖는다. 따라서, 상기 제1 리프트 오프 공정을 통하여 상기 제2 희생막 패턴(130)이 선택적으로 제거되는 반면에 상기 제1 희생막 패턴(120)은 상기 기판 상에 잔류할 수 있다.

[0053] 이로써 상기 제1 희생막 패턴(120)의 측부를 따라 도전 영역(111)에 수직으로 연장된 나노 패턴(145)이 형성된다. 또한 상기 절연 영역(115)에 형성된 제2 희생막 패턴(130)이 제거됨에 따라 상기 절연 영역(115)에 형성된 나노 박막(140)이 상기 제2 희생막 패턴(130)과 함께 기판(110)으로부터 제거될 수 있다. 따라서, 상기 도전 영역(111)에만 선택적으로 수직 정렬된 상기 나노 패턴(145)이 선택적으로 형성될 수 있다. 이로써 상기 도전 영역(111)에 선택적으로 상기 나노 패턴(145)을 형성하기 위한 소수성 분자막 패턴을 형성하는 공정이 생략될 수 있다.

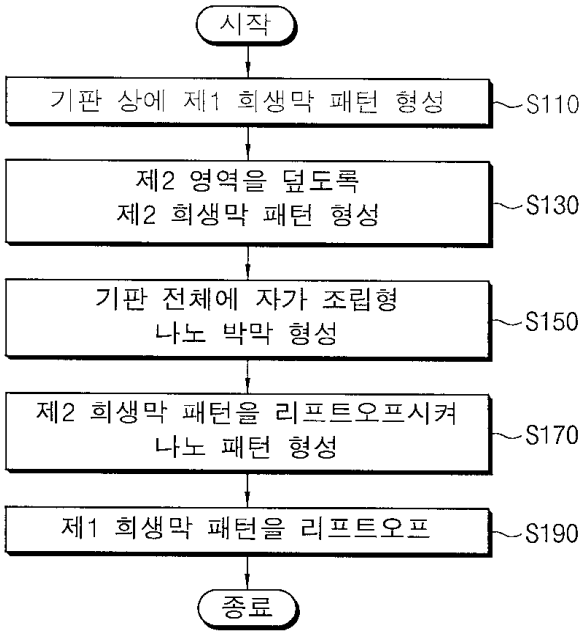
[0054] 도 9를 참조하면, 상기 기판(110)으로부터 상기 제1 희생막 패턴(120)이 선택적으로 리프트 오프될 수 있다. 즉, 상기 제1 희생막 패턴(120)을 리프트 오프시키는 제2 리프트 오프 공정이 수행될 수 있다. 상기 제2 리프트 오프 공정에 있어서, 산 용액(acid solution)을 식각액으로 이용하는 습식 딥 아웃(wet dip-out) 공정이 적용될 수 있다. 이로써 상기 기판(110)에 대하여 수직 정렬된 나노 패턴(145) 및 상기 도전 영역(111)에 형성된 한 쌍의 전극들(155)이 형성될 수 있다. 이때 상기 전극들(155) 중 역전된 L자 형상의 전극 및 나머지 전극이 상기 나노 패턴을 당김으로써 상기 한 쌍의 전극들(155) 및 나노 패턴(145)이 상기 기판(110)에 안정적인 3차원 구조를 가질 수 있다.

[0055] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 제1 희생막 패턴(120)의 내부에는 제1 방향으로 연장된 도전성 패턴(미도시)이 형성될 수 있다. 상기 제1 희생막 패턴(120)이 제거될 경우, 상기 도전성 패턴은 잔류할 수 있다. 이로써, 상기 도전성 패턴이 게이트 전극으로 기능하며, 상기 한 쌍의 전극들(155)은 소스/드레인 전극으로 기능함으로써 트랜지스터가 구현될 수 있다.

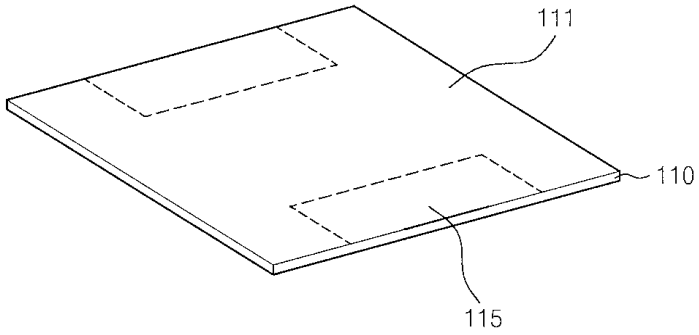
[0056] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 나노 소자는 온도, 압력 또는 습도와 같은 외부의 인자의 변경에 민감하는 반응하는 나노 센서로서 적용될 수 있다.

도면

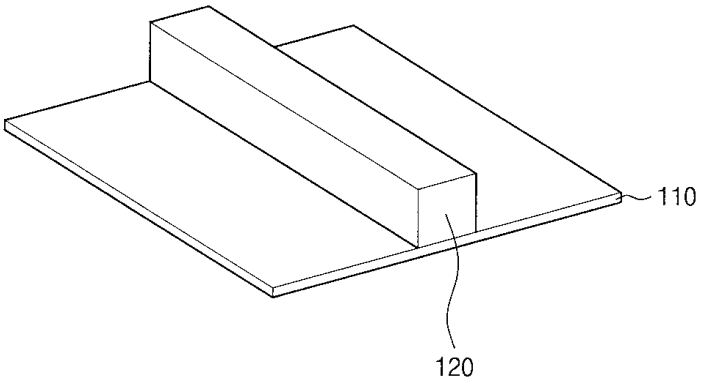
도면1


시작
기판 상에 제1 희생막 패턴 형성
S110
제2 영역을 덮도록
제2 희생막 패턴 형성
S130
기판 전체에 자가 조립형
나노 박막 형성
S150
제2 희생막 패턴을 리프트오프시켜
나노 패턴 형성
S170
제1 희생막 패턴을 리프트오프
S190
종료

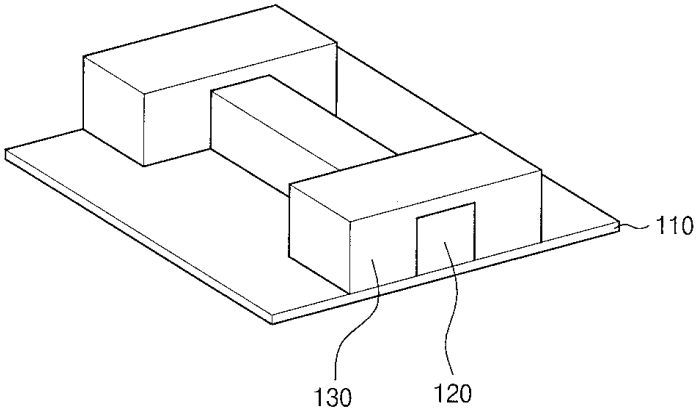
도면2


111
110
115

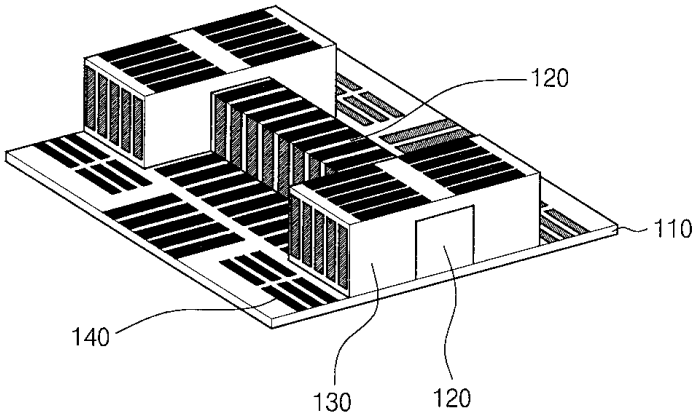
도면3



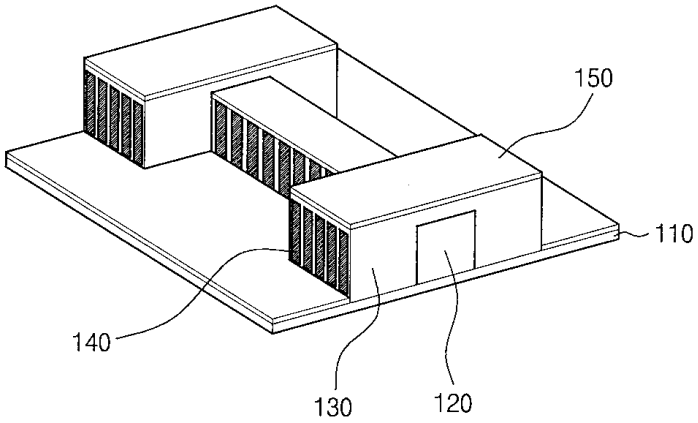
도면4



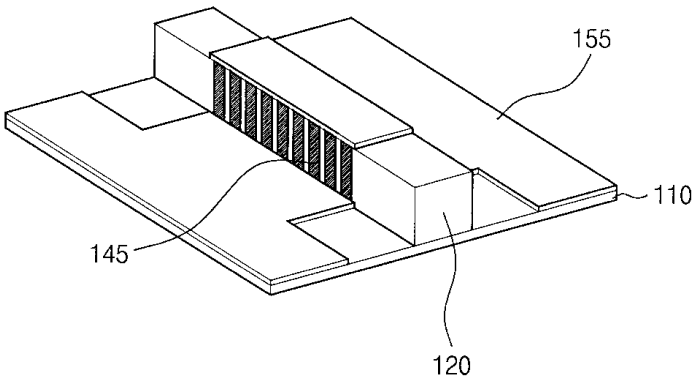
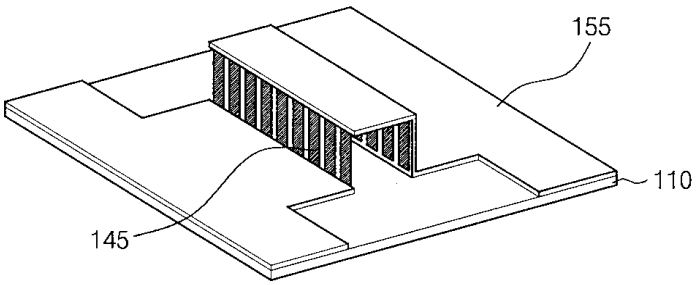
도면5



도면6



도면7



도면8