



- (51) 국제특허분류:
G01N 27/00 (2006.01) G01N 33/50 (2006.01)
G01N 27/30 (2006.01) H01L 21/3065 (2006.01)
- (21) 국제출원번호: PCT/KR2015/006468
- (22) 국제출원일: 2015년 6월 25일 (25.06.2015)
- (25) 출원언어: 한국어
- (26) 공개언어: 한국어
- (30) 우선권정보:
10-2014-0078877 2014년 6월 26일 (26.06.2014) KR
- (71) 출원인: 국민대학교산학협력단 (KOOKMIN UNIVERSITY INDUSTRY ACADEMY COOPERATION FOUNDATION) [KR/KR]; 136-702 서울시 성북구 정릉로 77 (정릉동, 국민대학교), Seoul (KR).
- (72) 발명자: 임시형 (LIM, Si Hyung); 137-796 서울시 서초구 잠원로 150 (잠원동, 잠원한신아파트) 347 동 704 호, Seoul (KR).
- (74) 대리인: 김정수 (KIM, Jung Su); 138-827 서울시 송파구 올림픽로 360 (방이동) 5층, Seoul (KR).
- (81) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 국내 권리의 보호를 위하여): AE, AG, AL, AM, AO,

AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

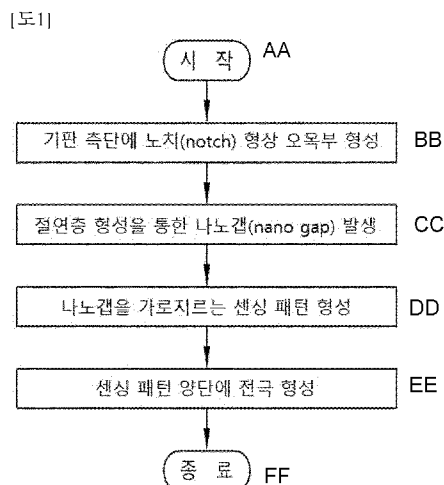
- (84) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 역내 권리의 보호를 위하여): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 유라시아 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 유럽 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

공개:

- 국제조사보고서 없이 공개하며 보고서 접수 후 이를 별도 공개함 (규칙 48.2(g))

(54) Title: METHOD FOR PRODUCING NANOGAP SENSOR USING RESIDUAL STRESS, AND NANOGAP SENSOR PRODUCED THEREBY

(54) 발명의 명칭: 잔류응력을 이용한 나노갭 센서의 제조방법 및 이에 의해 제조되는 나노갭 센서



AA ... Start
BB ... Form notch-shaped recessed part on substrate side end
CC ... Generate nanogap by forming insulating layer
DD ... Form sensing pattern that crosses nanogap
EE ... Form electrode on both ends of sensing pattern
FF ... End

(57) Abstract: The present invention relates to a method for producing a nanogap sensor and a nanogap sensor produced thereby. The method for producing a nanogap sensor according to the present invention can produce a sensor capable of selectively detecting a certain material or a gas such as hydrogen by producing a nanogap, by a low-cost and simple process, using a technique of forming a micro crack on a substrate consisting of a silicon wafer, etc., and then stacking a metal catalyst layer on the nanogap. In particular, in the case of using palladium or an alloy thereof as the metal catalyst layer, it is possible to produce, in large quantities, high-sensitivity hydrogen sensors which respond to various hydrogen concentrations.

(57) 요약서: 본 발명은 나노갭 센서의 제조방법 및 이에 의해 제조되는 나노갭 센서에 대한 것으로서, 본 발명에 따른 나노갭 센서의 제조방법에 의하면 실리콘 웨이퍼 등으로 이루어진 기판 상에 미세 균열을 형성시키는 기법을 이용해 저비용의 간단한 공정에 의해 나노갭을 제작한 후 나노갭 위에 금속 촉매층을 적층하여 특정 물질 또는 수소 등의 가스의 선택적 검출이 가능한 센서를 제조할 수 있다. 특히, 금속 촉매층으로서 팔라듐 또는 그 합금을 사용할 경우 다양한 수소 농도에 응답하는 고감도 수소센서를 대량으로 제작할 수 있다.

명세서

발명의 명칭: 잔류응력을 이용한 나노갭 센서의 제조방법 및 이에 의해 제조되는 나노갭 센서

기술분야

- [1] 본 발명은 나노갭 센서의 제조방법 및 이에 의해 제조되는 나노갭 센서에 대한 것으로서, 보다 상세하게는 기재 상에 형성된 박막의 잔류응력을 이용하는 나노갭 센서의 제조방법 및 이에 의해 제조되는 나노갭 센서에 대한 것이다.

배경기술

- [2] 일반적으로 나노갭(nanogap)은 금속 구조체가 수 십 나노미터에서 수 백 나노미터에 이르는 이격을 갖는 형태의 전극으로, 나노 크기 구조물의 전기적인 특성을 연구하거나 극미량의 화학물질이나 생체물질을 감지하는 센서로서의 활용이 가능하다. 특히, 분자 수준에서 전기적인 특성 변화 등을 측정하기 위해서는 나노갭이 필수적이다.
- [3] 이러한 나노갭의 제조와 관련한 종래의 기술로는, 전자기주현상(electromigration)을 이용하여 금속 전선의 특정 위치에 갭이 생기도록 하는 방법[비특허문헌 0001], 전자 빔 리소그래피(electron-beam lithography)를 이용하는 방법[비특허문헌 0002], 연성 기판을 이용한 금속박막 증착 방법[특허문헌 0001] 등이 제안된 바 있다.
- [4] 하지만, 전자기주현상을 이용한 나노갭 제작은 수 백 나노미터 이하의 선폭을 갖는 금속 전선에 전류를 흘려서, 전선 내부의 원자들이 전자와 충돌하여 이동하는 과정에서 나노갭이 생성되는 원리를 이용한 방법으로, 나노갭의 크기와 위치를 제어하기 어려운 단점이 있다.
- [5] 전자 빔 리소그래피를 이용한 나노갭 제작은, 전자 빔을 이용하여 직접 패턴을 그리기 때문에 나노갭의 크기와 위치를 정밀하게 제어할 수 있으나 매우 큰 비용이 발생하는 단점이 있다.
- [6] 유연성 기판 위에서 인장에 의해 생성되는 나노갭 제작방식은 나노갭의 크기나 위치를 제어할 수 없기 때문에 생산성이 떨어지고 제품에 따른 성능이나 특성이 균일하지 않은 문제점이 있다.
- [7] 그 밖에, 제 1 전극의 일측에 스페이서를 위치시킨 후 제 2전극을 형성하고, 그 후 스페이서를 제거하여 나노갭 전극을 형성하는 방법을 개시하고 있다. 그러나 이는 공정이 번거롭고 나노갭의 폭 조절이 어려우며 여러 개의 나노갭 전극소자를 동시에 형성하는 것이 불가능하다는 단점이 있다.
- [8] 또한, 특정 기판 위에 비교적 큰 갭만큼 떨어져 있는 금속 전극을 형성하고, 금속 전극 패턴에 전기 단자를 연결하고, 기판 전체를 특정의 전해액에 담근 후 전압을 인가하여 금속 전극 패턴의 표면에 전극 물질층이 증착되어 전극 물질층이 두꺼워지면서 갭의 폭이 점점 줄어들어 나노갭이 형성되는 전기화학

증착법을 이용한 방법은 공정이 복잡하고 나노갭의 크기 조절이 어렵다는 문제점을 가진다.

- [9] 그리고, 나노튜브 등과 같은 나노 구조물을 올려놓고 금속 물질을 증착시켜 나노 구조물이 가지고 있는 크기만큼의 나노갭이 생성되는 웨도우 마스크를 이용한 방법은 생성되는 나노갭의 크기가 사용되는 나노 구조물의 크기에 의존하며 원하는 위치에 나노갭을 생성하기 어렵다.
- [10] 이와 같이 종래 기술에 의할 경우 형성되는 나노갭의 균일한 품질이 보장되지 않아 나노갭을 센서로 이용할 경우 타겟 물질이나 가스 검출 시, 응답신호의 크기와 신호의 범위 오차가 매우 크기 때문에 균일한 성능을 갖기 어려우며 신뢰성이 감소하기 때문에 대량 생산을 통한 상품화에 어려움이 있었다.

발명의 상세한 설명

기술적 과제

- [11] 본 발명은 상기한 바와 같은 종래 기술에서의 문제점을 해결하기 위해 안출된 것으로, 종래보다 간편하고 경제적으로 우수한 품질의 나노갭 센서를 대량으로 생산할 수 있는 나노갭 센서의 제조방법 및 이에 의해 제조된 나노갭 센서를 제공하는 것을 그 목적으로 한다.

과제 해결 수단

- [12] 상기한 바와 같은 목적을 달성하기 위해서 본 발명은 (a) 기판 일면의 측단에 노치(notch) 형상을 가지는 하나 이상의 오목부를 형성시키는 단계, (b) 상기 오목부가 형성된 기판의 일면에 절연층을 형성시켜 나노갭(nano gap)을 발생시키는 단계, (c) 상기 절연층 상에 상기 나노갭을 가로지르는 하나 이상의 센싱 패턴을 형성시키는 단계 및 (d) 상기 센싱 패턴의 양단에 전극을 형성시키는 단계를 포함하는 나노갭 센서의 제조방법을 제안한다.
- [13] 또한, 본 발명은 상기 방법에 의해 제조된 나노갭 센서를 제안한다.
- [14] 그리고, 본 발명은 (a) 기판 일면의 측단에 노치(notch) 형상을 가지는 하나 이상의 오목부를 형성시키는 단계, (b) 상기 오목부가 형성된 기판의 일면에 절연층을 형성시켜 나노갭(nano gap)을 발생시키는 단계, (c) 상기 절연층 상에 상기 나노갭을 가로지르며, 팔라듐(Pd) 또는 팔라듐 합금으로 이루어지는 하나 이상의 센싱 패턴을 형성시키는 단계 및 (d) 상기 센싱 패턴의 양단에 전극을 형성시키는 단계를 포함하는 나노갭 수소 센서의 제조방법을 제안한다.
- [15] 나아가, 본 발명은 상기 방법에 의해 제조된 나노갭 수소 센서를 제안한다.

발명의 효과

- [16] 본 발명에 따른 나노갭 센서의 제조방법에 의하면 실리콘 웨이퍼 등으로 이루어진 기판 상에 미세 균열을 형성시키는 기법을 이용해 저비용의 간단한 공정에 의해 나노갭을 제작한 후 나노갭 위에 금속 촉매층을 적층하여 특정 물질 또는 수소 등의 가스의 선택적 검출이 가능한 센서를 제조할 수 있다. 특히, 금속 촉매층으로서 팔라듐 또는 그 합금을 사용할 경우 다양한 수소 농도에 응답하는

고감도 수소센서를 대량으로 제작할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [17] 도 1은 본 발명에 따른 나노갭 센서의 제조방법에 대한 흐름도이다.
- [18] 도 2는 본 발명에 따른 나노갭 센서의 제조방법을 단계별로 나타내는 도면이다.
- [19] 도 3은 본 발명에 따른 나노갭 센서의 제조방법에 의해 제조되는 나노갭 센서의 일례로서 팔라듐 나노갭 수소 센서의 감지 원리를 나타내는 도면이다.

발명의 실시를 위한 최선의 형태

- [20] 이하, 본 발명의 바람직한 실시예의 상세한 설명은 첨부된 도면들을 참조하여 설명할 것이다.
- [21] 또한, 본 발명을 설명함에 있어서, 관련된 공지 기능 또는 구성에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명을 생략할 것이다.
- [22] 본 발명의 개념에 따른 실시 예는 다양한 변경을 가할 수 있고 여러 가지 형태를 가질 수 있으므로 특정 실시 예들을 도면에 예시하고 본 명세서 또는 출원에 상세하게 설명하고자 한다. 그러나 이는 본 발명의 개념에 따른 실시 예를 특정한 개시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변경, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다.
- [23] 본 명세서에서 사용한 용어는 단지 특정한 실시 예를 설명하기 위해 사용된 것으로, 본 발명을 한정하려는 의도가 아니다.
- [24] 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 명세서에서, "포함하다" 또는 "가지다" 등의 용어는 실시된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.
- [25]
- [26] 도 1에 도시한 바와 같이, 본 발명에 따른 나노갭 센서의 제조방법은, (a) 기판 일면의 측단에 노치(notch) 형상을 가지는 하나 이상의 오목부를 형성시키는 단계, (b) 상기 오목부가 형성된 기판의 일면에 절연층을 형성시켜 나노갭(nano gap)을 발생시키는 단계, (c) 상기 절연층 상에 상기 나노갭을 가로지르는 하나 이상의 센싱 패턴을 형성시키는 단계 및 (d) 상기 센싱 패턴의 양단에 전극을 형성시키는 단계를 포함하며, 상기 각 단계에 대해 이하에서 상세히 설명한다.
- [27]
- [28] 도 2(a) 내지 도 2(g)는 본 발명에 따른 나노갭 센서의 제조방법의 일례를 각 단계별로 도시한 도면으로서, 이하에서는 상기 도면들을 참조해 각 단계를 설명한다.

[29]

[30] 본 발명에 따른 나노갭 센서의 제조방법의 단계 (a)는 기판 일면의 측단에 노치(notch) 형상을 가지는 하나 이상의 오목부를 형성시키는 단계이다.

[31] 도 2(a)를 참조하면, 우선 포토리소그래피(Photolithography) 공정에 따라 포토레지스트(photoresist, PR) 용액을 기판 일면의 전면에 도포한 뒤 노치 형상의 오목부 형성을 위한 패턴이 있는 마스크를 상부에 고정시키고 자외선에 노출시켜 현상된 부분을 제거함으로써 포토레지스트 패턴(12)을 형성시킨다.

[32] 여기서, 상기 기판(11)은 실리콘, 사파이어 등과 같은 단결정 또는 다결정 무기질 소재로 이루어진 기판을 사용하는 것이 바람직하다.

[33] 다음으로, 기판(11) 상에 형성된 포토레지스트 패턴(12)을 마스크로 하여 식각 공정을 통해 노치 형상의 오목부를 형성시킨 후 포토레지스트를 제거하여, 도 2(b) 및 도 2(c)에 도시된 바와 같이 기판 일면의 측단에 노치(notch) 형상의 오목부를 하나 또는 둘 이상을 가지는 기판을 얻는다.

[34] 한편, 상기 오목부의 형성을 위한 식각 공정으로는 RIE(Reactive Ion Etching), MERIE (Magnetically Enhanced RIE), ICP (Inductively Coupled Plasma), TCP (Transformer Coupled Plasma) 또는 ECR (Electron Cyclotron Resonance) 등의 건식 식각(dry etching) 공정을 사용하는 것이 바람직하다.

[35]

[36] 다음으로, 본 발명에 따른 나노갭 센서의 제조방법의 단계 (b)는 상기 오목부가 형성된 기판의 일면에 절연층을 형성시켜 나노갭(nano gap)을 발생시키는 단계이다.

[37] 본 단계에서는 우선 저압 화학 기상 증착법(Low Pressure Chemical Vapor Deposition, LPCVD), 플라즈마 화학 기상 증착법(Plasma-enhanced chemical vapor deposition, PECVD) 등과 같은 화학 기상 증착법을 이용해 상기 오목부가 형성된 기판 일면의 전면에 Si_3N_4 , SiO_2 등과 같은 절연 물질로 이루어지는 절연층을 증착시키며, 절연층이 성막되는 과정에서 노치 형상의 오목부의 첨단으로부터 개시되는 크랙에 의해 기판의 일면을 가로지르는 나노갭이 형성된다.

[38] 보다 구체적으로, 본 단계에서는 절연층의 성막 과정에서 기판과 절연층 사이에 발생하는 잔류 응력(residual stress)이 노치 형상의 오목부의 첨단에 집중되어 이로부터 크랙이 개시되고 전파되어 기판을 가로지르는 채널형 균열(channeling fracture)이 형성되며, 이를 통해 나노갭이 생성된다.

[39] 그 결과, 본 단계를 수행한 후의 A-A' 부분(도 2(c) 참조)의 단면을 보여주는 도 2(d)에서와 같이 20 내지 70 nm의 폭(width) 및 기판(11)의 오목부 및 절연층(13)의 두께에 해당되는 깊이를 가지는 나노갭이 형성된다.

[40]

[41] 본 발명에 따른 나노갭 센서의 제조방법의 단계 (c)는 절연층 상에 나노갭을 가로지르는 하나 이상의 센싱 패턴을 형성시키는 단계로서, 예를 들어, lift-off 공정을 이용해 절연층 상에 센싱 패턴을 형성시키게 된다.

- [42] 도 2(e)를 참조하면, 포토리소그래피 공정에 따라 포토레지스트 용액을 절연층의 전면에도포한 뒤 센싱 패턴의 형성을 위한 마스크를 상부에 고정시키고 자외선에 노출시켜 현상된 부분을 제거함으로써 포토레지스트 패턴(15)을 형성시킨 후, 공지의 증착법을 이용해 나노갭을 가로지르는 센싱 패턴(14)을 절연층 상에 형성시키고 나서 포토레지스트 패턴(15)을 제거한다.
- [43] 이때, 상기 센싱 패턴을 이루는 금속 소재는 기체 또는 생체물질 등 검출 대상 물질과 흡착 또는 반응하여 전기적 저항 수치에 변화를 일으킬 수 있는 금속이기만 하면 그 종류가 특별히 제한되지 않으며, 예를 들어, Pd, Ni, Pt, Pd, Au, Ag 등으로 이루어질 수 있다. 특히, 수소 기체 검출을 위한 센싱 패턴인 경우에는 Pd 또는 그 합금으로 이루어지는 것이 바람직한데, 이러한 Pd의 합금으로는 Pd-Ni, Pd-Pt, Pd-Ag, Pd-Ti, Pd-Fe, Pd-Zn, Pd-Co, Pd-Mn, Pd-Au 및 Pd-W 등을 그 구체적인 예로 들 수 있다.
- [44] 한편, 본 단계에서 센싱 패턴을 형성하기 위한 증착법으로는 당업계에서 통상 사용되고 있는 어떠한 방법도 사용 가능하며, 그 예로는 통상 사용되는 전자빔 증착법(e-beam evaporation), 스퍼터링(Sputtering) 등의 물리적 증착법(PVD)은 물론, 화학 기상법(CVD)이나 원자층 증착법(ALD: atomic layer deposition) 등의 화학적 증착법 등을 들 수 있다.
- [45]
- [46] 마지막으로, 본 발명에 따른 나노갭 센서의 제조방법의 단계 (d)는 상기 센싱 패턴의 양단에 전극을 형성시키는 단계로서, 예를 들어, lift-off 공정을 이용해 센싱 패턴의 양단부의 절연층 상에 전극을 형성시키게 된다.
- [47] 도 2(f) 및 도 2(g)를 참조하면, 포토리소그래피 공정에 따라 포토레지스트 용액을 도포한 뒤 전극의 형성을 위한 마스크를 상부에 고정시키고 자외선에 노출시켜 현상된 부분을 제거함으로써 포토레지스트 패턴(17)을 형성시킨 후, 공지의 증착법을 이용해 센싱 패턴(14)의 양단에 전극(16)을 형성시키고 나서 포토레지스트 패턴(17)을 제거하여 나노갭 센서(10)를 형성한다.
- [48] 한편, 상기 전극을 이루는 금속은 Ti/Au, Ag, Pt, Ni, Cu 등과 같은 전도성이 우수한 것이 바람직하며, 본 단계에서 금속 전극을 형성하기 위한 증착법으로는 당업계에서 통상 사용되고 있는 어떠한 방법도 사용 가능하며, 그 예로는 통상 사용되는 전자빔 증착법(e-beam evaporation), 스퍼터링(Sputtering) 등의 물리적 증착법(PVD)은 물론, 화학 기상법(CVD)이나 원자층 증착법(ALD: atomic layer deposition) 등의 화학적 증착법 등을 들 수 있다.
- [49]
- [50] 상기에서 상세히 설명한 본 발명에 따른 나노갭 센서의 제조방법에 의하면 실리콘 웨이퍼 등으로 이루어진 기판 상에 미세 균열을 형성시키는 기법을 이용해 저비용의 간단한 공정에 의해 나노갭을 제작한 후 나노갭 위에 금속 촉매층을 적층하여 특정 물질 또는 수소 등의 가스의 선택적 검출이 가능한 센서를 제조할 수 있다. 특히, 금속 촉매층으로서 팔라듐 또는 그 합금을 사용할

경우 다양한 수소 농도에 응답하는 고감도 수소 센서를 대량으로 제작할 수 있다.

[51]

[52] 상기와 같이 제조된 본 발명에 따른 나노갭 센서는 전압-전류 특성을 구비하고, 전기적, 화학적, 전기화학적, 생물학적 분석 대상물의 농도에 따라 전류가 바뀌거나, 나노미터 크기 수준의 분석 대상물과 특이적 결합체 사이에 일어나는 결합 현상이 상기 센서의 전압-전류 특성에서 검출 가능한 변화를 일으키는 것을 감지할 수 있다.

[53] 도 3은 이러한 나노갭 센서를 수소 가스의 검출에 사용할 경우의 수소 센서의 작동원리를 보여주는 모식도로서, 이에 따르면 팔라듐(Pd)으로 이루어진 센싱 패턴을 구비한 나노갭 센서에 수소가 유입됨에 따라서 Pd 격자의 팽창이 발생하여 서로 연결된 와이어(wire)처럼 형성됨으로써 전기저항이 감소되는 현상을 이용해 수소 가스의 검출을 수행하게 된다.

[54] 즉, 수소 가스가 부존재하는 경우에는 나노갭으로 인하여 전류의 흐름이 원활하게 이루어지지 못하므로 높은 저항 값을 갖는다. 그러나, 수소 분위기 하에서는 주위의 수소를 흡수하게 상기 박막의 격자상수가 증가하게 되고, 부피 증가에 따라 상기 나노갭이 메워지게 되어 전류의 흐름이 원활하게 되므로 낮은 저항 값을 갖게 된다. 이에 따라, 수소 가스의 존재 유무에 따른 저항값의 변화를 측정하여 수소 농도를 측정할 수 있게 되는 것이다.

[55] 이 밖에, 본 발명에 따른 나노갭 센서는 나노갭 사이에 나노미터 크기 수준의 분자나 세포, 항원-항체 등의 생물학적 시료를 위치시킴으로써 그들의 분자적 특성이나 존재 여부 등을 검출하기 위한 바이오 센서로 사용될 수 있다.

[56] 상기 나노미터 크기 수준의 분석 대상물이란, 바람직하게 세포, DNA, 단백질, 항원-항체, 효소-기질 등을 의미하는 것으로서, 분석하고자 하는 대상에 따라 상기 나노갭 센서는 다양하게 변형이 가능한데, 예를 들어, DNA 분자를 분석하는 경우에는 전극에 양 말단이 티올(thiol)기로 끝나는 DNA를 고정하고 그 위에 분석하고자 하는 DNA 등을 부착할 수 있는 금 입자 등을 고정시켜 사용할 수 있으며, 단백질 분석 시에는 전극을 유리, 고분자 또는 세라믹 등으로 도포하고 노출된 전극 부분에 시스테인과 같은 적절한 링커를 부착함으로써, 여기에 분석하고자 하는 단백질이 부착되도록 할 수도 있다. 또한, 항체-항원 반응을 분석하고자 하는 경우에는, 상기한 바와 같은 링커에 특정 항체를 결합시킨 후, 여기에 특이적인 항원이 결합하도록 할 수도 있다.

[57] [부호의 설명]

[58] 10: 나노갭 센서

[59] 11: 기판

[60] 12, 15, 17: 포토레지스트 패턴

[61] 13: 절연층

[62] 14: 센싱 패턴

[63] 16: 전극

청구범위

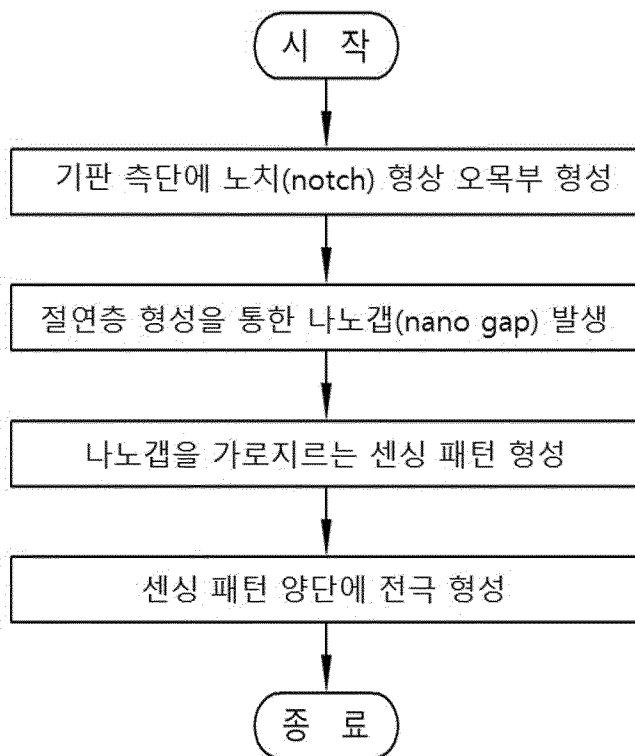
- [청구항 1] (a) 기판 일면의 측단에 노치(notch) 형상을 가지는 하나 이상의 오목부를 형성시키는 단계;
 (b) 상기 오목부가 형성된 기판의 일면에 절연층을 형성시켜, 상기 기판과 절연층 사이에 발생하는 잔류 응력(residual stress)이 상기 오목부의 측단에 집중되어 개시되는 크랙이 전파됨으로써, 상기 기판의 일면을 가로지르며 상기 오목부 및 절연층의 전체 두께에 해당되는 깊이를 가지는 나노갭(nano gap)을 발생시키는 단계;
 (c) 상기 절연층 상에 상기 나노갭을 가로지르는 하나 이상의 센싱 패턴을 형성시키는 단계; 및
 (d) 상기 센싱 패턴의 양단에 전극을 형성시키는 단계를 포함하는 나노갭 센서의 제조방법.
- [청구항 2] 제1항에 있어서,
 상기 기판은 실리콘 웨이퍼로 이루어진 것을 특징으로 하는 나노갭 센서의 제조방법.
- [청구항 3] 제1항에 있어서,
 단계 (a)에서 상기 오목부는 건식 식각(dry etching)을 통해 형성되는 것을 특징으로 하는 나노갭 센서의 제조방법.
- [청구항 4] 제1항에 있어서,
 단계 (b)에서 상기 절연층은 질화규소(Si_3N_4)로 이루어지는 것을 특징으로 하는 나노갭 센서의 제조방법.
- [청구항 5] 제1항에 있어서,
 상기 나노갭의 폭(width)은 20 내지 70 nm인 것을 특징으로 하는 나노갭 센서의 제조방법.
- [청구항 6] (a) 기판 일면의 측단에 노치(notch) 형상을 가지는 하나 이상의 오목부를 형성시키는 단계;
 (b) 상기 오목부가 형성된 기판의 일면에 절연층을 형성시켜, 상기 기판과 절연층 사이에 발생하는 잔류 응력(residual stress)이 상기 오목부의 측단에 집중되어 개시되는 크랙이 전파됨으로써, 상기 기판의 일면을 가로지르며 상기 오목부 및 절연층의 전체 두께에 해당되는 깊이를 가지는 나노갭(nano gap)을 발생시키는 단계;
 (c) 상기 절연층 상에 상기 나노갭을 가로지르며, 팔라듐(Pd) 또는 팔라듐 합금으로 이루어지는 하나 이상의 센싱 패턴을 형성시키는 단계; 및
 (d) 상기 센싱 패턴의 양단에 전극을 형성시키는 단계를 포함하는 나노갭 수소 센서의 제조방법.
- [청구항 7] 제6항에 있어서,
 상기 팔라듐 합금은 Pd-Ni, Pd-Pt, Pd-Ag, Pd-Ti, Pd-Fe, Pd-Zn, Pd-Co,

Pd-Mn, Pd-Au 및 Pd-W으로 이루어지는 군에서 선택된 1종인 것을
특징으로 하는 나노갭 수소 센서의 제조방법.

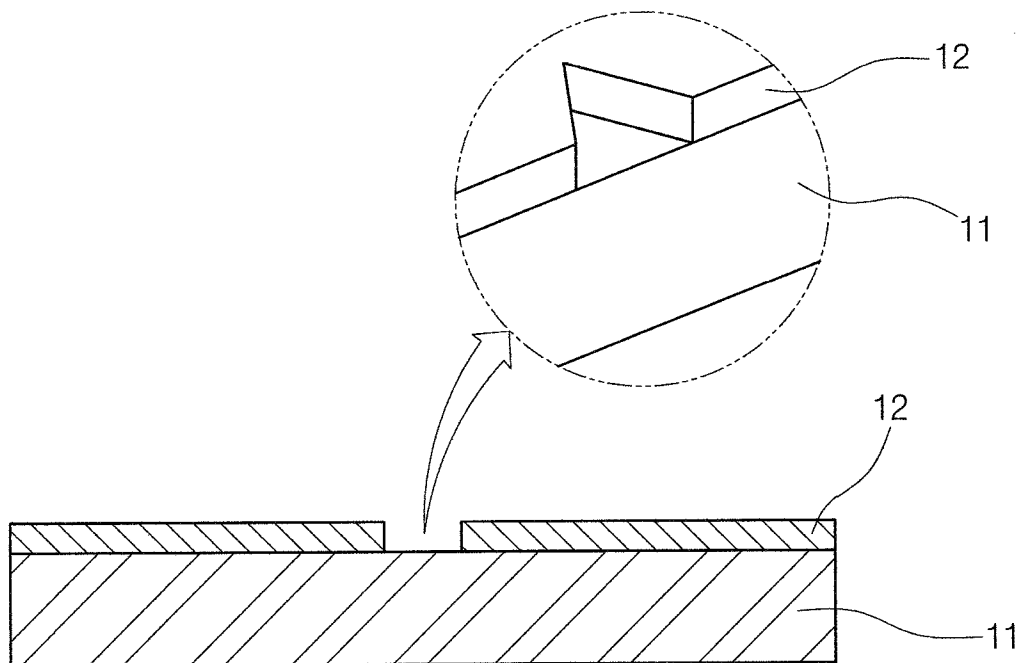
[청구항 8] 제1항 내지 제5항 중 어느 한 항에 기재된 방법에 의해 제조된 나노갭
센서.

[청구항 9] 제6항 또는 제7항에 기재된 방법에 의해 제조된 나노갭 수소 센서.

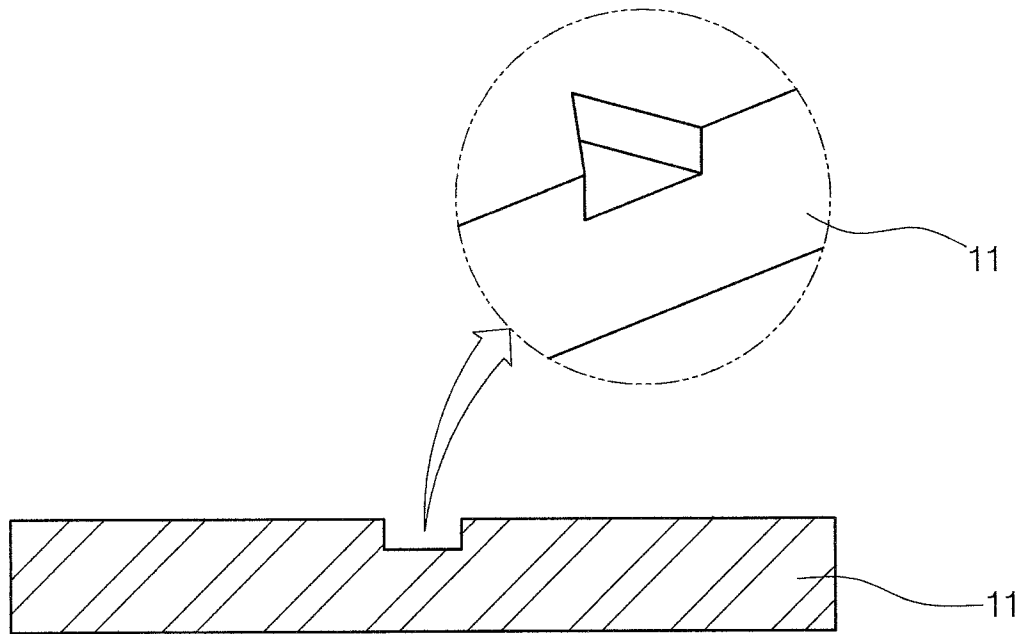
[도1]



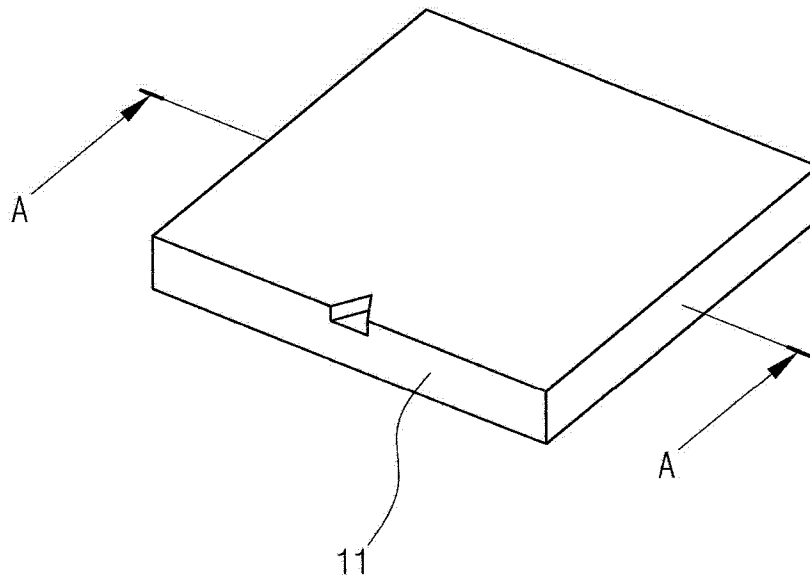
[도2a]



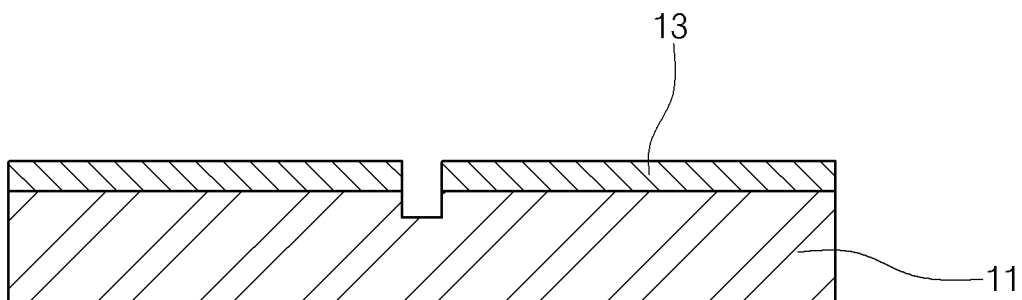
[도2b]



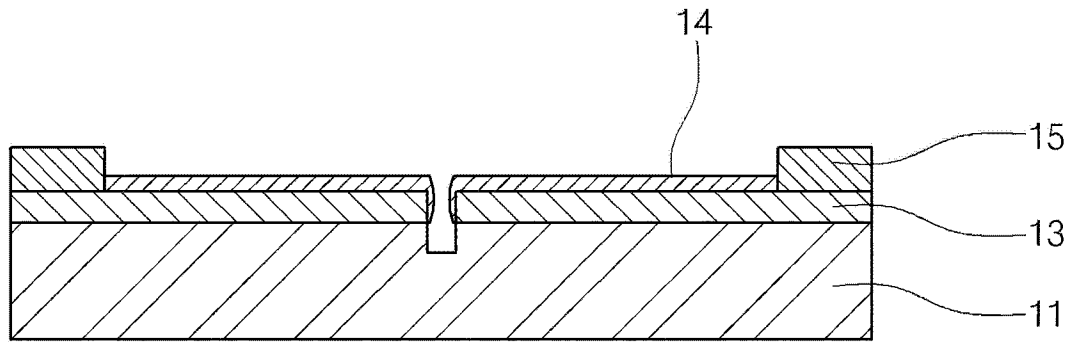
[도2c]



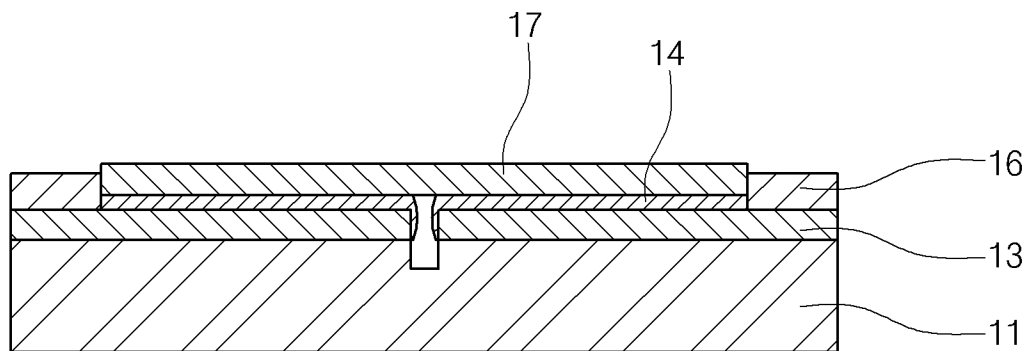
[도2d]



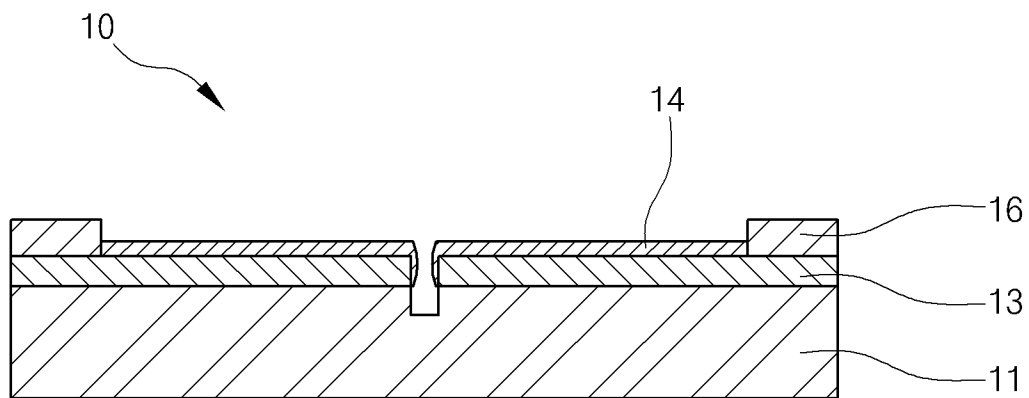
[도2e]



[도2f]



[도2g]



[도3]

