(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2010-0036160
(43) 공개일자 2010년04월07일

(51) Int. Cl.
H01L 29/872 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2009-0040180
(22) 출원일자 2009년05월08일
심사청구일자 2009년05월08일
(30) 우선권주장
1020080095494 2008년09월29일 대한민국(KR)

(71) 출원인
울산대학교 산학협력단
울산 남구 무거2동 산29
(72) 발명자
정귀상
울산광역시 남구 무거2동 무거현대아파트 101동 408호
(74) 대리인
정홍식, 김종선, 김태헌, 이현수

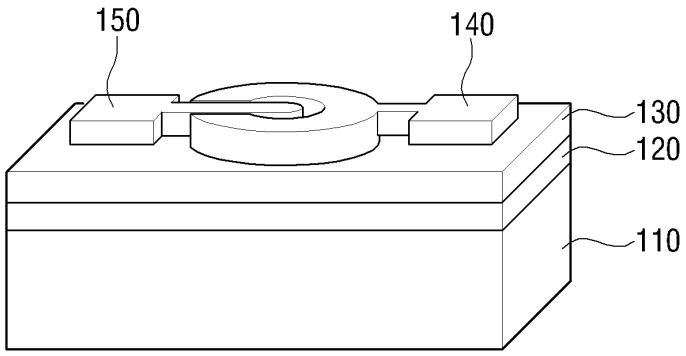
전체 청구항 수 : 총 10 항

(54) 쇼트키 다이오드 제조방법 및 그 쇼트키 다이오드

(57) 요 약

쇼트키 다이오드 제조방법 및 그 쇼트키 다이오드가 제공된다. 본 쇼트키 다이오드의 제조방법은, 기판 위에 대기압 고온 화학기상증착(APCVD) 방법으로 다결정 3C-SiC 막을 증착시키는 제1 공정, 상기 다결정 3C-SiC 막상에 RF 스퍼터링을 이용하여 금속막을 증착시키는 단계를 포함한다. 이로 인해, 본 쇼트키 다이오드는 고온, 고압에서도 동작할 수 있다.

대 표 도 - 도1a



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	2008-0432
부처명	지식경제부
연구사업명	지방기술혁신사업
연구과제명	컨테이너화물 안전수송용 센서노드 기술개발
주관기관	한국산업기술평가원
연구기간	2008년 07월 01일 ~ 2009년 06월 30일

특허청구의 범위

청구항 1

쇼트키 다이오드 제조방법에 있어서,

기판 위에 대기압 고온 화학기상증착(APCVD) 방법으로 다결정 3C-SiC 막을 증착시키는 제1 공정; 및

상기 다결정 3C-SiC 막상에 RF 스퍼터링을 이용하여 금속막을 증착시키는 단계;를 포함하는 쇼트키 다이오드 제조방법.

청구항 2

제 1항에 있어서,

상기 제1 공정은,

상기 기판상에 산화막을 증착시키는 단계; 및

상기 산화막상에 HDMS 가스를 이용하여 상기 대기압 고온 화학기상증착(APCVD) 방법으로 상기 다결정 3C-SiC 막을 증착시키는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 쇼트키 다이오드 제조방법.

청구항 3

제 1항에 있어서,

상기 제2 공정은

상기 산화막상의 제1 영역에 상기 RF 스퍼터링(Radio Frequency sputtering)을 이용하여 상기 Ni 막을 증착시키는 단계; 및

상기 산화막의 제2 영역에 상기 RF 스퍼터링을 이용하여 상기 Pd 막을 증착시키는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 쇼트키 다이오드 제조방법.

청구항 4

제 3항에 있어서,

상기 Ni 막을 증착시키는 단계는,

상기 Ni 막을 증착시킨 후 상기 Ni 막을 800℃ 내지 1000℃의 온도로 열처리하는 단계;를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 쇼트키 다이오드 제조방법.

청구항 5

제 3항에 있어서,

상기 Ni 막과 상기 Pd 막은 이격되어 있는 것을 특징으로 하는 쇼트키 다이오드.

청구항 6

제 3항에 있어서,

상기 Ni 막의 일부는 상기 Pd 막의 일부를 둘러쌓는 형상인 것을 특징으로 하는 쇼트키 다이오드.

청구항 7

기판;

상기 기판상에 배치된 산화막;

상기 산화막상에 배치된 다결정 3C-SiC 막;

상기 다결정 3C-SiC 막상에 배치된 두 종류의 서로 다른 금속막;을 포함하는 것을 특징으로 하는 쇼트키 다이오드

청구항 8

제 7항에 있어서,

상기 산화막상의 제1 영역에 Ni 막이 배치되고, 상기 산화막상의 제2 영역에 Pd 막이 배치되는 것을 특징으로 하는 쇼트키 다이오드.

청구항 9

제 7항에 있어서,

상기 Ni막은 상기 Pd 막과 이격되어 있는 것을 특징으로 하는 쇼트키 다이오드.

청구항 10

제 7항에 있어서,

상기 Ni막의 일부는 상기 Pd 막의 일부를 둘러쌓는 형상으로 배치되는 것을 특징으로 하는 쇼트키 다이오드.

명 세 서

발명의 상세한 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 쇼트키 다이오드 제조방법 및 그 다이오드에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 3C-SiC을 기반으로 하는 쇼트키 다이오드 제조방법 및 그 다이오드에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 오늘날 수소 연료 자동차의 상용화가 진행되면서 엔진 같은 고온, 고압에서 사용 가능한 수소센서의 중요성이 커지고 있다. 따라서, 고온, 고압, 고전력에서 견디며 높은 열전도성 및 내화학성까지 가진 반도체 생산에 관심을 갖고 있다.

[0003] 특히, SiC 반도체는 Si 반도체 보다 우수한 공진 주파수(600 MHz)와, 생체와 고온에서 매우 안정적이기 때문에 향후 차세대 RF 및 바이어용 미세전자기계시스템뿐만 아니라, 자동차, 선박, 우주항공 산업 등의 극한 환경에서 사용될 가능성이 높아 주목을 받고 있다.

[0004] SiC 중에서도 육방형 결정 구조로 벌크형으로 성장된 2H, 4H, 6H-SiC는 비교적 성장이 쉽고 고전력 및 초고주파수용 전자부품 제적에 사용되고 있지만, 대면적화가 어려우며 미세가공이 불가능하고 고가격화로 인해 대량생산이 어렵다. 또한 화학적 결합력이 강하여 모스(Mohs) 지수가 약 9 정도로 다이아몬드에 상응하는 경고함을 지니고 있어 고온, 고압, 진동 등 극한 환경에서도 사용 가능하지만, 마이크로머시닝에 의한 미세가공기술이 어렵다는 문제점이 있었다.

발명의 내용

[0005] 본 발명은 다결정 3C-SiC를 이용한 쇼트키 다이오드 제조방법 및 그 다이오드를 제공하는 것을 목적으로 한다.

[0006] 이상과 같은 목적을 달성하기 위한 본 발명의 일 실시 예에 따른, 쇼트키 다이오드 제조방법은, 기판 위에 대기압 고온 화학기상증착(APCVD) 방법으로 3C-SiC 막을 증착시키는 제1 공정; 및 상기 3C-SiC 막상에 RF 스퍼터링을 이용하여 금속막을 증착시키는 단계;를 포함한다.

[0007] 그리고, 상기 제1 공정은, 상기 기판상에 산화막을 증착시키는 단계; 및 상기 산화막상에 HDMS 가스를 이용하여 상기 대기압 고온 화학기상증착(APCVD) 방법으로 3C-SiC 막을 증착시키는 단계;를 포함하는 것이 바람직하다.

[0008] 또한, 상기 제2 공정은, 상기 산화막상의 제1 영역에 상기 RF 스퍼터링을 이용하여 상기 Ni 막을 증착시키는 단계; 및 상기 산화막의 제2 영역에 상기 RF 스퍼터링을 이용하여 상기 Pd 막을 증착시키는 단계;를 포함하는 것이 바람직하다.

[0009] 그리고, 상기 Ni 막을 증착시키는 단계는, 상기 Ni 막을 증착시킨 후 상기 Ni 막을 800℃ 내지 1000℃의 온도로

열처리하는 단계;를 더 포함하는 것이 바람직하다.

[0010] 또한, 상기 Ni 막과 상기 Pd 막은 이격되어 있는 것이 바람직하다.

[0011] 그리고, 상기 Ni 막의 일부는 상기 Pd 막의 일부를 둘러쌓는 형상인 것이 바람직하다.

[0012] 또한, 상기 기판은 상기 제1 공정 및 제2 공정 동안 일정 온도를 유지하는 것이 바람직하다.

[0013] 그리고, 상기 기판은 규소로 구성된 것이 바람직하다.

[0014] 또한, 상기 3C-SiC 막은 다결정 3C-SiC 막인 것이 바람직하다.

[0015] 한편, 이상과 같은 목적을 달성하기 위한 본 발명의 일 실시 예에 따른, 쇼트키 다이오드는, 기판; 상기 기판상에 배치된 산화막; 상기 산화막상에 배치된 3C-SiC 막; 및 상기 3C-SiC 막상에 배치된 두 종류의 서로 다른 금속막;을 포함한다.

[0016] 그리고, 상기 산화막상의 제1 영역에 Ni 막이 배치되고, 상기 산화막상의 제2 영역에 Pd 막이 배치되는 것이 바람직하다.

[0017] 또한, 상기 Ni막은 상기 Pd 막과 이격되어 있는 것이 바람직하다.

[0018] 그리고, 상기 Ni막의 일부는 상기 Pd 막의 일부를 둘러쌓는 형상으로 배치되는 것이 바람직하다.

[0019] 또한, 상기 기판은 Si로 구성된 것이 바람직하다.

[0020] 그리고, 상기 3C-SiC 막은, 다결정 3C-SiC 막인 것이 바람직하다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

[0021] 이하에서, 첨부된 도면을 참고하여 본 발명에 대하여 자세하게 설명한다.

[0022] 도면을 설명하기에 앞서 본 발명에 이용되는 3C-SiC의 특성에 대해 설명하도록 한다.

[0023] 3C-SiC(Cubic Silicon Carbide)는 높은 열전도도, 높은 항복전계, 높은 전자포화 속도, 낮은 열팽창계수, 우수한 기계적 강도 및 화학적 안정성으로 인해 극한 환경용 M/NEMS(Micro/Nano electro mechanical system) 소자의 재료로 적합하다.

[0024] 그리고, 입방구조의 3C-SiC 박막은 CVD로 Si 기판위에 대면화가 가능하며 Si 마이크로머시닝기술 적용에도 용이하다. 특히, 다결정 3C-SiC의 경우에는 산화막이나 질화막, AlN 등에서도 저온 성장이 가능하고 표면 마이크로머시닝 기술의 적용이 용이하다.

[0025] 또한, 단결정 3C-SiC의 경우, Si과 SiC 두 물질 간의 큰 열팽창 계수의 차이와 격자 부정합으로 인한 크랙, 뒤틀림 등의 스트레스가 크게 발생하지만, 다결정 3C-SiC를 사용할 경우는 이런 문제를 해결하여 누설 전류를 감소시키므로 고온에서의 소자 특성을 크게 개선시킬 수 있다.

[0026] 도 1(a)은 본 발명의 일 실시예에 따른 다결정 3C-SiC기반 쇼트키 다이오드의 사시도이고, 도 1(b)은 본 발명의 일 실시예에 따른 다결정 3C-SiC 기반 쇼트키 다이오드의 평면도이다.

[0027] 도 1(a)에 도시된 바와 같이, 다결정 3C-SiC 기반 쇼트키 다이오드는 Si로 구성된 기판(110)과 상기 기판(110)상에 산화막(120)이 배치된다. 상기한 산화막은 SiO_2로 구성된 것이 바람직하다. 또한, 산화막(120)상에는 3C-SiC 막(130)이 배치되며, 3C-SiC 막(130)상에는 금속막으로 Ni 막(140)과 Pd 막(150)이 배치된다.

[0028] 여기서, 3C-SiC막은 다결정 3C-SiC 막(130)인 것이 바람직하고, 상기한 Ni 막(140)은 오믹 접촉 역할을 하며, Pd 막(150)은 쇼트키 접촉 역할을 수행한다.

[0029] 또한, 도 1(b)에 도시된 바와 같이, Ni 막(140)은 3C-SiC 막(130)상의 일 영역에 배치되고, Pd 막(150)도 3C-SiC 막(130)상의 일 영역에 배치되나, Ni 막(140)과 Pd 막(150)이 이격되어 있는 것이 바람직하다. 또한, Ni 막(140)의 일부는 Pd 막(150)의 일부를 둘러쌓는 형상으로 배치되는 것이 바람직하다.

[0030] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 쇼트키 다이오드의 제조방법의 흐름도이고, 도 3a 내지 도 3c는 본 발명의 일 실시예에 따른 쇼트키 다이오드의 제조방법에 제공되는 쇼트키 다이오드의 단면도이다.

[0031] 먼저, 도 3a에 도시된 바와 같이, 기판(110) 상에 산화막(120)이 증착된다.

[0032] 여기서, 기판(110)으로는 통상의 Si(실리콘) 웨이퍼를 이용할 수 있으나, 경우에 따라서는 고저항 실리콘 기판(110)(HRS)을 이용할 수 있다.

[0033] 산화막(120)은 기판(110)과 3C-SiC 막(130)을 절연시키고, 3C-SiC 막(130)의 증착을 용이하게 하기 위한 것이다.

[0034] 다음으로, 도 3b에 도시된 바와 같이, 산화막(120)상에 3C-SiC 막(130)을 증착시킨다.

[0035] 산화막(120) 상에 다결정 3C-SiC 박막(130)을 증착시킴에 있어서, 화학 기상 증착법(Chemical Vapor Deposition; CVD)이 이용될 수 있으며, 특히, 대기압 화학 기상 증착법(Atmospheric Pressure Chemical Vapor Deposition; APCVD)이 이용될 수 있다.

[0036] 또한, 단일 전구체인 HMDS($Si_2(CH_3)_6$)), Ar, H_2 가스 등을 주입하여 기판(110) 위에 3C-SiC 막(130)을 증착시킬 수 있다. 여기서, 3C-SiC 막(130)은 예를 들어, 약 3000Å 두께로 형성되는 것이 바람직하다.

[0037] 즉, 3C-SiC 막(130)을 증착함에 있어서, HMDS(Hexa Methyl Di Silazane) 가스를 이용하여 APCVD 방법으로 약 1000℃ 내지 2000℃ 온도범위에서 약 30분 동안 약 3000Å 두께의 3C-SiC 막(130)을 성장시키는 것이 가장 바람직하다.

[0038] 그리고, 도 3c에 도시된 바와 같이, 3C-SiC 막(130)상에 RF 스퍼터링(Radio Frequency sputtering)을 이용하여 Ni 막(140)을 약 3000Å 두께로 증착하고, 약 800℃ 내지 1000℃ 범위의 온도에서 약 30분 동안 Ni 막(140)이 포함된 기판(110)을 열처리한다. Ni 막(140)을 열처리함에 있어서, 약 900℃가 최적의 온도이다.

[0039] 특히 Ni 막(140)을 3C-SiC 막(130)상에 증착함에 있어서, Ni 막(140)은 3C-SiC 막(130)상의 일부에 증착시키는 것이 바람직하다. 또한, Ni 막(140)의 제1 영역은 정사각형 형상이고, Ni 막(140)의 제2 영역은 고리형상인 것이 바람직하다.

[0040] 마지막으로, 도 3d에 도시된 바와 같이, Ni 막(140)을 증착시키는 방법과 동일한 방법으로 Pd 막(150)을 증착시킨다. 즉, 3C-SiC상에 RF 스퍼터링을 이용하여 Pd 막(150)을 약 3000Å 두께로 증착하고, 약 800℃ 내지 1000℃ 범위의 온도에서 약 30분 동안 Pd 막(150)을 열처리한다.

[0041] 특히 Pd 막(150)을 3C-SiC 막(130)상에 증착함에 있어서, Pd 막(150)은 3C-SiC 막(130)상의 일부에 증착되는 것이 바람직하다. 또한, Pd 막(150)의 제1 영역은 정사각형 형상이고, Pd 막(150)의 제2 영역은 직사각형 형상인 것이 바람직하며, Pd 막(150)의 제2 영역은 Ni 막(140)의 제2 영역에 삽입되어 있는 형상인 것이 바람직하다.

[0042] 본 쇼트키 다이오드에 이용되는 Pd는 백금족의 촉매금속으로서, 용해된 수소 농도로 금속의 전기저항을 변화시켜 수소, 황화수소, 메탄, 알코올 등의 가스 누출을 감지하는데 매우 뛰어난 특성을 갖는다. 그리하여 Pd를 이용하여 쇼트키 다이오드형 가스 센서를 제작하게 되면, 화학 가스에 대한 빠른 응답속도 및 좋은 감도를 가지는 효과가 있다.

[0043] 한편, Pd 막(150)을 3C-SiC 막(130)에 증착시킬 때, 기판 온도는 150℃를 유지하는 것이 바람직하다.

[0044] 도 4a는 본 발명에 따른 기판 온도를 실온과 150℃로 고정하여 Pd 막을 3C-SiC막에 증착시켰을 때의 XRD(X-선 회절) 스펙트럼을 도시한 도면이고, 도 4b는 본 발명에 따른 기판 온도를 실온으로 고정하여 Pd 막을 3C-SiC에 증착시켰을 때의 쇼트키 다이오드의 표면 광학사진이며, 도 4c는 본 발명에 따른 기판 온도를 150℃로 고정하여 Pd 막을 3C-SiC 막에 증착시켰을 때의 쇼트키 다이오드의 표면 광학사진이다.

[0045] 도 4a에 도시된 바와 같이, 각 피크의 상대적인 크기를 비교하여 볼 때 실온에서 증착된 Pd 막(150)의 경우, I_{111}: I_{200}의 비가 100:42인 반면, 150℃에서 증착된 Pd 막(150)의 경우, I_{111}: I_{200}의 비가 100:25.5이므로, 기판 온도가 150℃일 때 우선 배양성이 우수함을 알 수 있다.

[0046] 또한, 기판 온도를 200℃ 이상에서 증착한 경우에도 우선 배양성이 100:23으로 150℃와 큰 차이가 없으므로, 기판 온도가 150℃일 때 가장 좋은 우선 배양성과 밀착력을 갖는다.

[0047] 이하에서는 본 발명에 따라 제조된 쇼트키 다이오드의 성능을 살펴보기로 한다.

[0048] 도 5는 본 발명에 따른 쇼트키 다이오드의 실온에서 측정한 C-V 특성 곡선을 나타낸 그래프이다. 쇼트키 다이오드의 C-V 특성 곡선을 얻기 위해, 3C-SiC 막(130)상에 Pd 막(150)을 지름 300㎛의 원형 형상으로 증착시켜 쇼트

키 접촉을 형성하고, 3C-SiC 막(130)상에서 상기 Pd 막(150)의 원형 형상 내부에 Ni 막(140)의 일부가 배치되도록 Ni 막(140)을 증착시켜 오믹 접촉을 형성한다.

[0049] V_A = 0 일 때, 정전 용량인 C_0를 계산할 수 있으며, 쇼트키 다이오드의 정전 용량은 수학식 1과 같다.

수학식 1

$$1/C^2 = \frac{2(V_{bi} - V_A)}{q N_D K_s \varepsilon_0 A^2}$$

[0050]

[0051] 여기서, C는 쇼트키 다이오드의 정전 용량이고, V_A는 쇼트키 다이오드에 인가되는 전압이며, V_{bi} 는 쇼트키 다이오드가 갖고 있는 고유의 전압값이고, q는 쇼트키 다이오드내 전하량이고, N_D는 홀의 계수이며, Ks는 확산 계수이고, ε_0는 자유 공간에서의 유전율이며, A^2는 쇼트키 다이오드이 단면적이다. 본 실시예에서, V_{bi}는 0.45V이며, N_D값은 $2.5\times10^{17}cm^{-3}$이고, 상기 N_D값은 홀 계수 측정 장치를 이용하여 얻은 $2.86\times10^{17}cm^{-3}$과 비교해 볼 때 실제값에 접근함을 알 수 있다.

[0052] 수학식 1을 이용하여 도 5와 같은 쇼트키 다이오드의 C-V 특성을 얻었으며, 쇼트키 다이오드에 전압이 인가됨에 따라 쇼트키 다이오드의 정전용량도 변화하나, 전압의 변화에 비해 정전용량의 변화는 크지 않음을 알 수 있다.

[0053] 도 6은 본 발명에 따른 반도체 계수 분석기를 이용하여 상온에서 측정한 쇼트키 다이오드의 I-V 특성을 나타낸 그래프이다. 도 6에 도시된 바와 같이, 상온에서 쇼트키 다이오드의 전류 밀도 Js는 $2\times10^{-3}A/cm^2$이고, 장벽높이는 0.58eV임을 확인할 수 있다.

[0054] 이와 같은 결과는 벌크 타입 4H-SiC 혹은 6H-SiC 기판을 이용한 쇼트키 다이오드의 특성과 비교하여 볼 때 전형적인 쇼트키 다이오드 특성을 나타냄을 알 수 있다.

[0055] 도 7은 본 발명에 따른 쇼트키 다이오드의 온도 변화에 따른 I-V 특성을 나타낸 그래프이다. 도 7에 도시된 바와 같이 쇼트키 다이오드의 장벽 높이는 온도가 상승함에 따라 증가함을 확인할 수 있으며, 본 발명의 쇼트키 다이오드는 400℃의 분위기에서도 충분히 작동함을 확인할 수 있다. 따라서 Si, GaAs 등의 기판을 사용한 쇼트키 다이오드보다도 밴드 격차가 큰 3C-SiC 막을 이용한 쇼트키 다이오드의 경우, 고온용 화학 가스센서에 적합하다. 또한, 3C-SiC 막을 이용한 쇼트키 다이오드는 벌크 SiC 기판을 사용하는 경우보다도 집적화와 대량생산 그리고 MEMS/NEMS화가 가능하다.

[0056] 도 8은 본 발명에 의해 제조된 쇼트키 다이오드의 H_2 농도에 따른 I-V 특성을 도시한 그래프이다. 본원의 쇼트키 다이오드의 I-V 특성을 얻기 위해, 질소 가스 분위기에서 H_2 가스를 유입시켰다. 도 8에 도시된 바와 같이, 상온에서 수소 농도에 따른 전류는 공기 중일 때는 5.5mA이며, 수소 농도가 600ppm일 때는 6.5mA이고, 1000ppm일 때는 8.0mA로 변화하였다. 즉, 질소 가스 분위기에서 수소 농도가 증가함에 따라 장벽높이(Φ_{bn})는 감소하고, 전도 전류는 증가하였음을 알 수 있다.

[0057] 도 9는 본 발명에 의해 제조된 쇼트키 다이오드의 감도 변화를 도시한 그래프이다. 본원의 쇼트키 다이오드의 감도 변화를 얻기 위해, 3V 순방향 바이어스가 인가되었을 때 수소 농도 변화에 따른 쇼트키 다이오드의 감도 변화를 측정하였다. 도 9에 도시된 바와 같이, 전류 변화량(△I)은 수소 농도가 낮을 때 급격히 증가하였다가, 수소 농도가 점점 증가함에 따라 포화 상태가 된다.

[0058] 도 10은 본 발명에 의해 제조된 쇼트키 다이오드의 온도 변화에 따른 과도 상태의 응답을 도시한 그래프이다. 쇼트키 다이오드의 온도 변화에 따른 과도 상태의 응답을 얻기 위해, 3V 순방향 바이어스가 인가한 후 1000ppm의 수소 농도를 유지한 상태에서 온도에 따른 전류 변화를 관찰하였다. 도 10에 도시된 바와 같이, 온도가 증가함에 따라 쇼트키 다이오드의 전류변화량의 증가는 완만함을 알 수 있다. 상기한 결과는 고체 표면상에서의 반응 속도의 충돌이론에 의해 설명될 수 있으며, 반응 분자의 농도가 더 높아지거나 반응 온도가 높아질수록 반응 분자는 흡착점과 더 많이 충돌하게 되고 결과적으로 더 많이 흡착하게 된다. 그리하여 수도의 농도나 온도가 증

가할수록 전류의 변화량은 커지게 된다.

[0059] 도 11은 본 발명에 의해 제조된 쇼트키 다이오드의 응답 속도를 도시한 그래프이다. 쇼트키 다이오드의 온도 변화에 따른 응답 속도를 얻기 위해, 3V 순방향 바이어스가 인가한 후 1000ppm의 수소 농도를 유지한 상태에서 온도에 따른 저항 변화율($\triangle R/R_0$)을 관찰하였다. 도 13에 도시된 바와 같이, 본 쇼트키 다이오드는 20초 이내에 정상상태에 도달하였다. 이러한 응답 속도는 일반적인 세라믹형 가스 센서에 비하여 응답 속도가 매우 빠르다.

[0060] 도 12는 본 발명에 의해 제조된 쇼트키 다이오드의 수소 농도에 따른 응답율을 도시한 그래프이다. 도 12에 도시된 바와 같이, 쇼트키 다이오드의 응답율은 수소농도에 선형적으로 비례함을 알 수 있다. 특히, 온도가 증가하여도 쇼트키 다이오드는 선형성을 유지한다.

[0061] 도 13은 본 발명에 의해 제조된 쇼트키 다이오드를 구비한 수소센서의 수소 흡착에 의한 반응 및 수소 탈착에 의한 회복 과정을 도시한 그래프이다. 수소 흡착 및 탈착에 대한 반응을 알아보기 위해 0초, 300초, 600초에서 수소센서에 수소 가스를 불어 넣어 수소 센서에 수소를 흡착시키고, 150초, 450초, 750초에서 질소(N_2) 가스를 불어 넣어 수소 센서로부터 수소를 탈착시켰다. 도 13에 도시된 바와 같이, 수소 흡착 및 탈착에 관하여 쇼트키 다이오드를 구비한 수소 센서는 100초 이내에 흡착과 탈착이 완료되었음을 확인할 수 있다. 또한, 온도가 증가함에 따라 전류의 변화량은 컸으나, 그 응답 특성은 변화가 없음을 확인할 수 있다.

[0062] 앞서 살펴본 바와 같이, 본 3C-SiC 쇼트키 다이오드는 온도가 증가할수록 전압에 따른 전류의 증가량이 증가하여 열이온 방출 이론에 따른다는 것을 확인할 수 있다. 또한, 본 3C-SiC 쇼트키 다이오드는 수소 농도가 증가함에 따라 장벽 높이가 감소하고 이로 인하여 전도 전류가 증가함을 확인할 수 있다. 뿐만 아니라, 본 3C-SiC 쇼트키 다이오드를 포함한 센서는 1000ppm의 소수 농도에서 응답 속도는 20초이며, 온도가 증가하더라도 응답 속도는 거의 변화가 없다. 또한, 본 3C-SiC 쇼트키 다이오드를 포함한 센서는 수소 농도와 온도에 따른 응답률은 선형성을 보이며 우수한 반복성을 갖는다.

[0063] 그리하여, 본 3C-SiC 쇼트키 다이오드를 구비한 수소센서는 고온 특히 400℃ 이상에서도 동작하기 때문에 향후 고온용 수소센서뿐만 아니라 황화 수소, 메탄, 알코올 등의 각종 가스 센서 연구개발요 유용하게 사용될 수 있다.

[0064] 이상에서는 본 발명의 바람직한 실시 예에 대하여 도시하고 설명하였지만, 본 발명은 상술한 특정의 실시 예에 한정되지 아니하며, 청구범위에서 청구하는 본 발명의 요지를 벗어남이 없이 당해 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진자에 의해 다양한 변형실시가 가능한 것은 물론이고, 이러한 변형실시들은 본 발명의 기술적 사상이나 전망으로부터 개별적으로 이해되어져서는 안 될 것이다.

도면의 간단한 설명

[0065] 도 1(a)은 본 발명의 일 실시예에 따른 다결정 3C-SiC기반 쇼트키 다이오드의 사시도,

[0066] 도 1(b)은 본 발명의 일 실시예에 따른 다결정 3C-SiC 기반 쇼트키 다이오드의 평면도,

[0067] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 쇼트키 다이오드의 제조방법의 흐름도,

[0068] 도 3a 내지 도 3c는 본 발명의 일 실시예에 따른 쇼트키 다이오드의 제조방법에 제공되는 쇼트키 다이오드의 단면도,

[0069] 도 4a는 본 발명에 따른 기판 온도를 실온과 150℃로 고정하여 Pd 막을 3C-SiC막에 증착시켰을 때의 XRD(X-선 회절) 스펙트럼을 도시한 도면,

[0070] 도 4b는 본 발명에 따른 기판 온도를 실온으로 고정하여 Pd 막을 3C-SiC에 증착시켰을 때의 쇼트키 다이오드의 표면 광학사진,

[0071] 도 4c는 본 발명에 따른 기판 온도를 150℃로 고정하여 Pd 막을 3C-SiC 막에 증착시켰을 때의 쇼트키 다이오드의 표면 광학사진,

[0072] 도 5는 본 발명에 따른 쇼트키 다이오드의 실온에서 측정한 C-V 특성 곡선을 나타낸 그래프,

[0073] 도 6은 본 발명에 따른 반도체 계수 분석기를 이용하여 상온에서 측정한 쇼트키 다이오드의 I-V 특성을 나타낸 그래프,

[0074] 도 7은 본 발명에 따른 쇼트키 다이오드의 온도 변화에 따른 I-V 특성을 나타낸 그래프,

[0075] 도 8은 본 발명에 의해 제조된 쇼트키 다이오드의 H_2 농도에 따른 I-V 특성을 도시한 그래프,

[0076] 도 9는 본 발명에 의해 제조된 쇼트키 다이오드의 감도 변화를 도시한 그래프,

[0077] 도 10은 본 발명에 의해 제조된 쇼트키 다이오드의 온도 변화에 따른 과도 상태의 응답을 도시한 그래프,

[0078] 도 11은 본 발명에 의해 제조된 쇼트키 다이오드의 응답 속도를 도시한 그래프,

[0079] 도 12는 본 발명에 의해 제조된 쇼트키 다이오드의 수소 농도에 따른 응답율을 도시한 그래프, 그리고,

[0080] 도 13은 본 발명에 의해 제조된 쇼트키 다이오드를 구비한 수소센서의 수소 흡착에 의한 반응 및 수소 탈착에 의한 회복 과정을 도시한 그래프이다.

[0081] *도면의 주요 부분에 대한 부호의 설명*

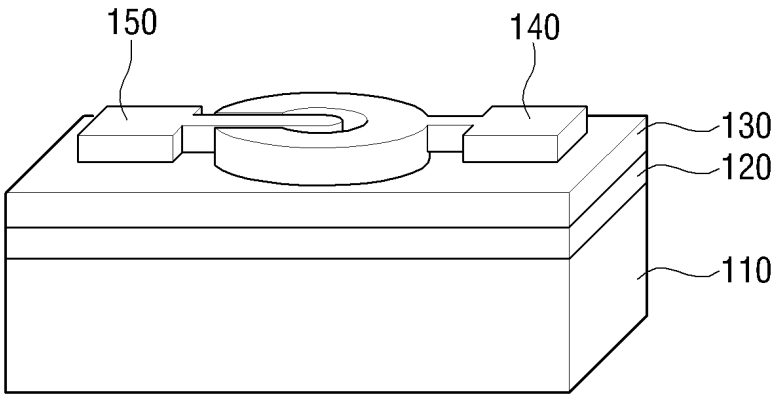
[0082] 110: 기판 120: 산화막

[0083] 130: 3C-SiC 막 140: Ni 막

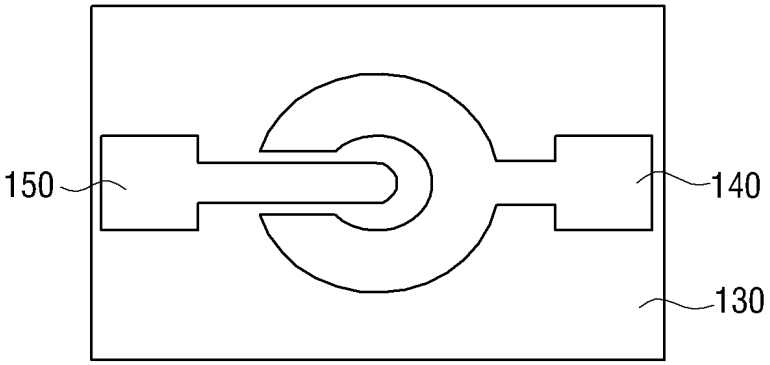
[0084] 150: Pd 막

도면

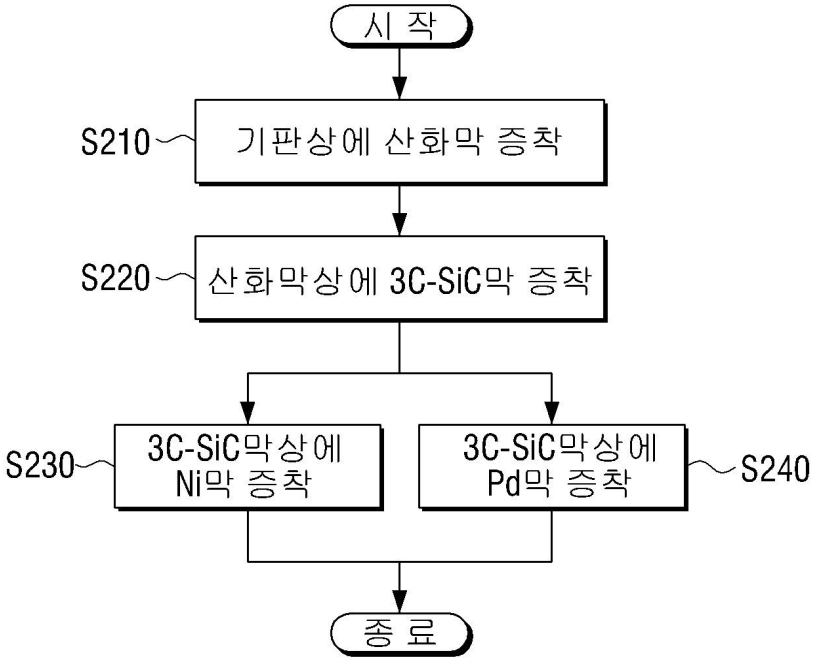
도면1a



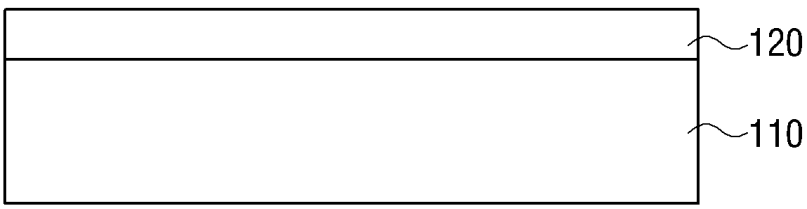
도면1b



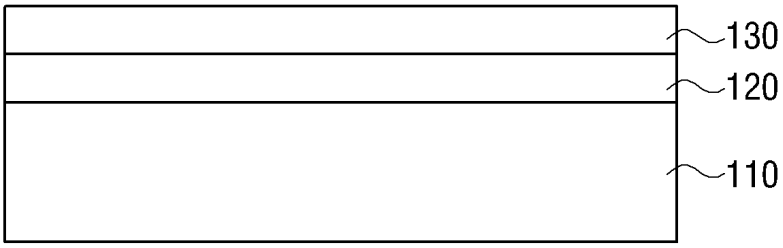
도면2



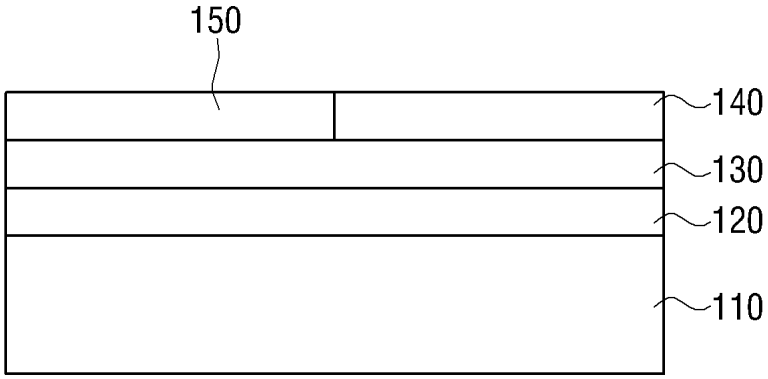
도면3a



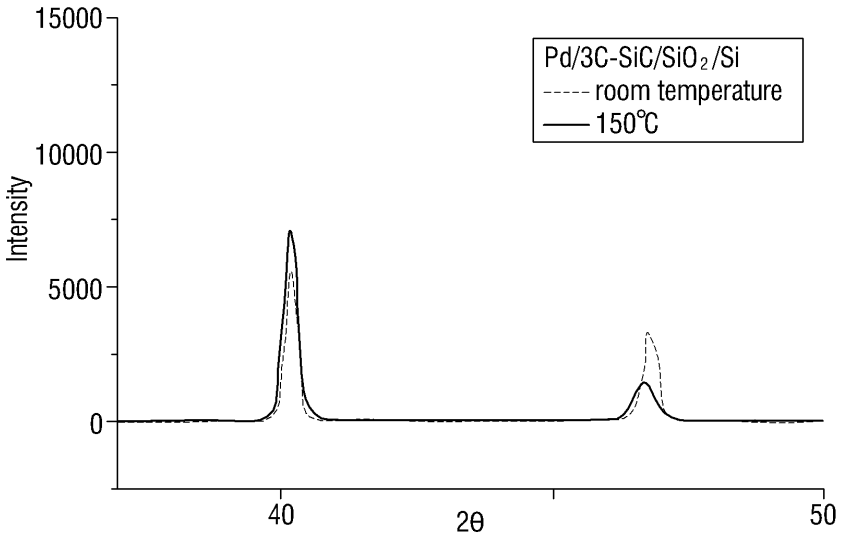
도면3b



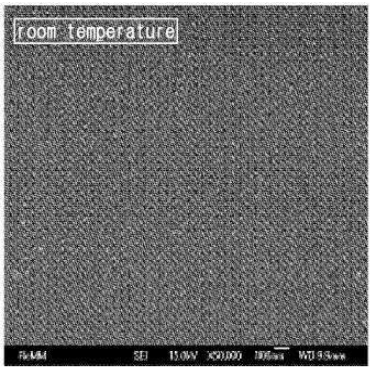
도면3c



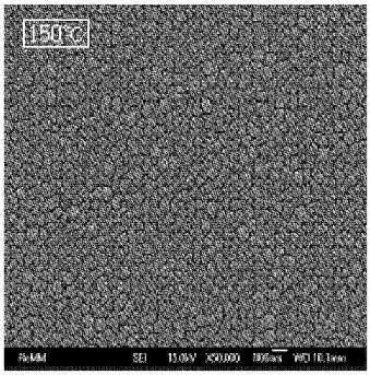
도면4a



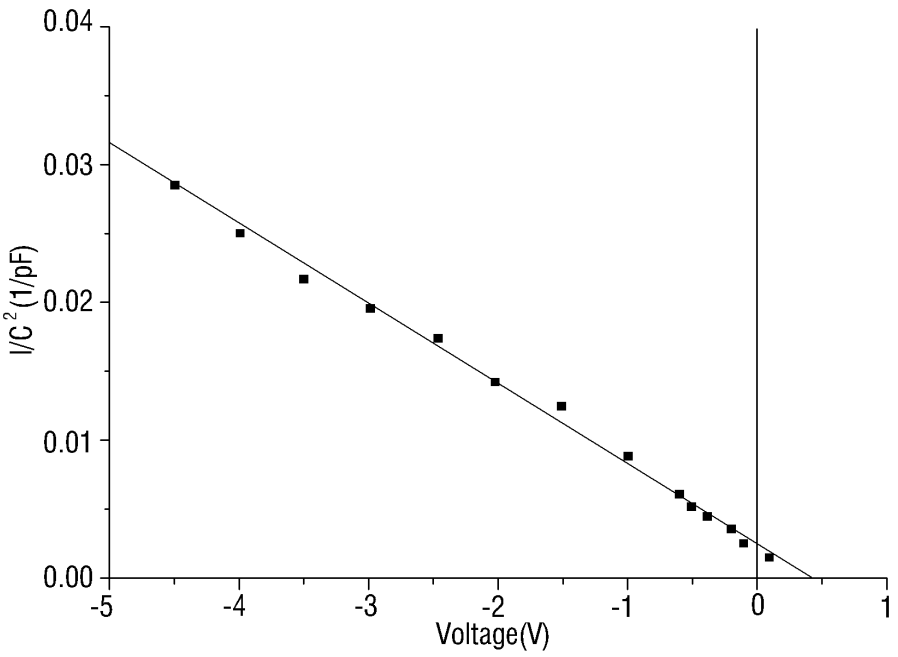
도면4b



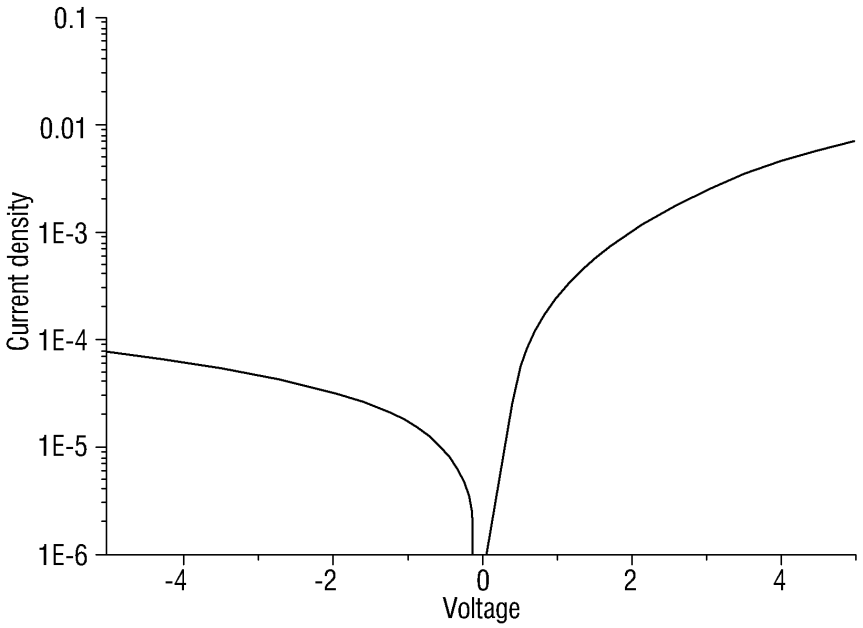
도면4c



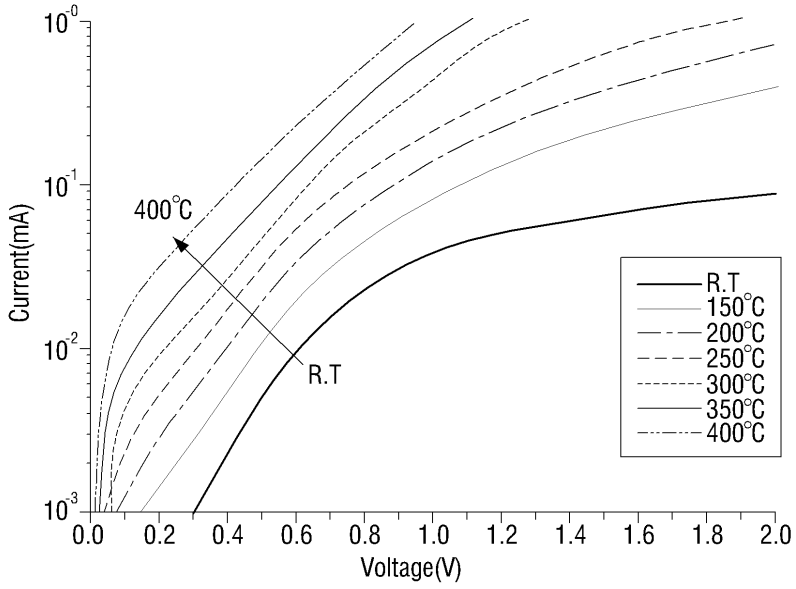
도면5



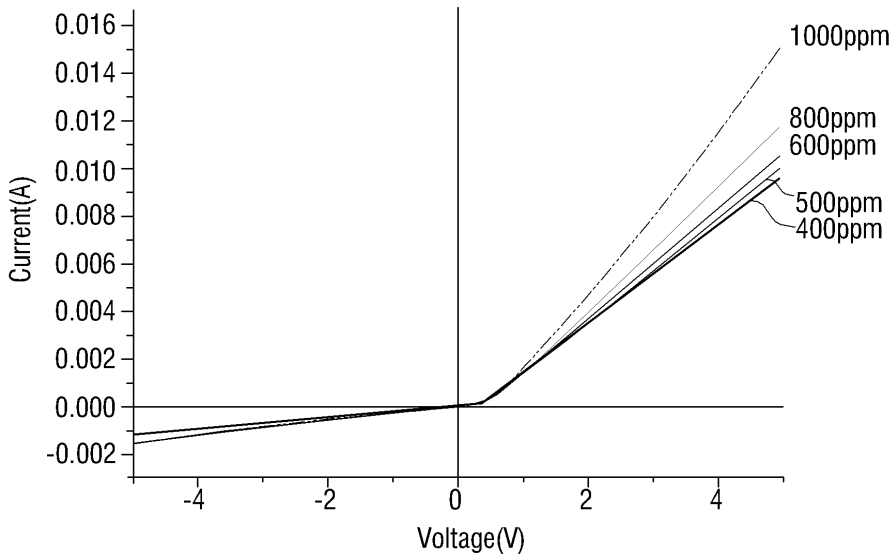
도면6


0.1
0.01
1E-3
1E-4
1E-5
1E-6
Current density
-4
-2
0
2
4
Voltage

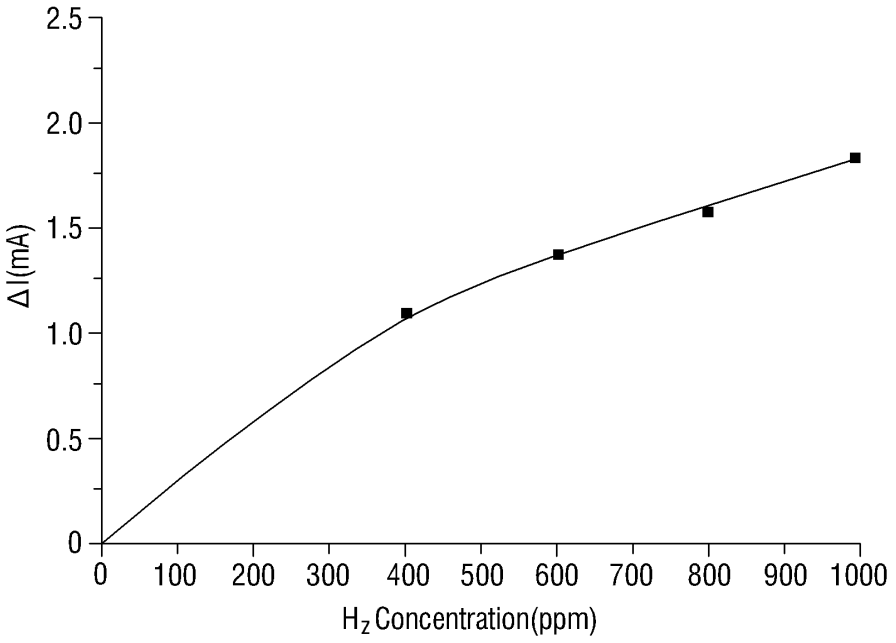
도면7


10^{-0}
10^{-1}
10^{-2}
10^{-3}
Current(mA)
400℃
R.T
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
1.2
1.4
1.6
1.8
2.0
Voltage(V)
R.T
150℃
200℃
250℃
300℃
350℃
400℃

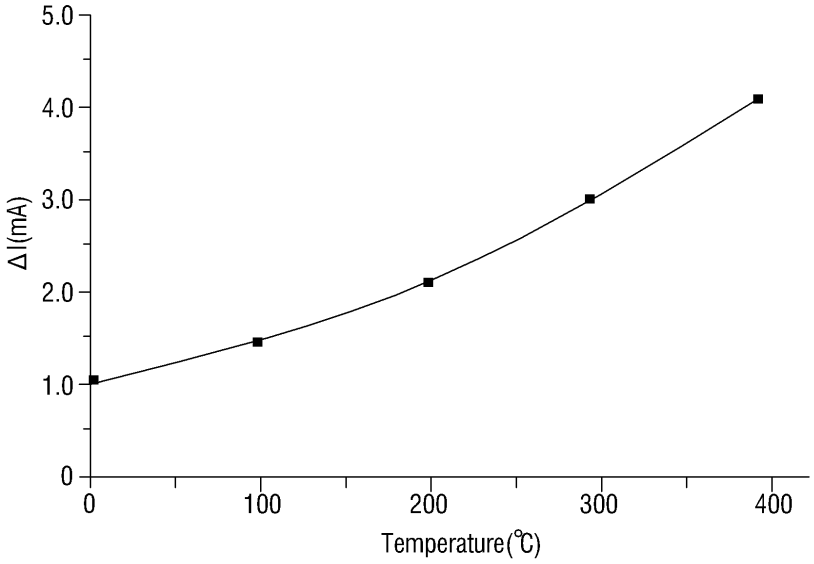
도면8


0.016
0.014
0.012
0.010
0.008
0.006
0.004
0.002
0.000
-0.002
Current(A)
-4
-2
0
2
4
Voltage(V)
1000ppm
800ppm
600ppm
500ppm
400ppm

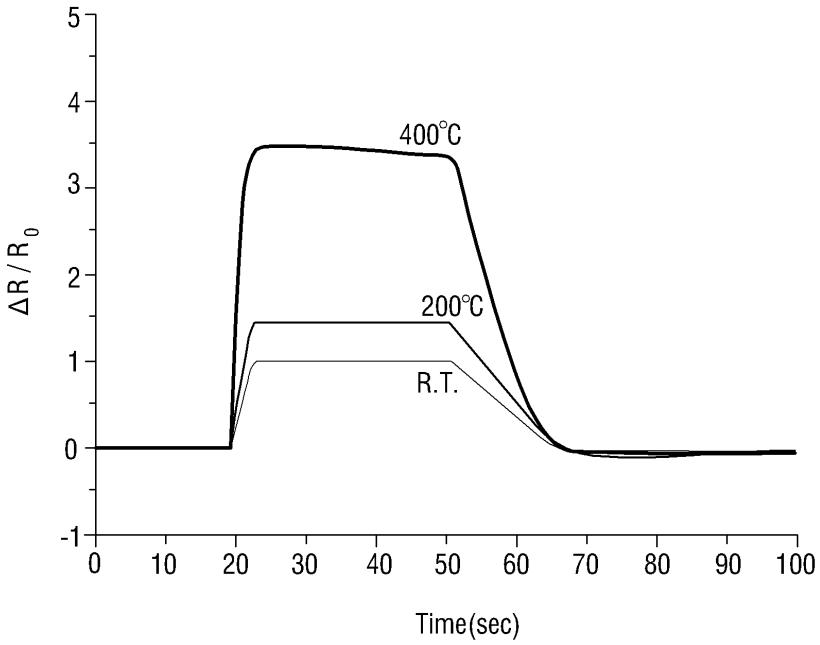
도면9


2.5
2.0
1.5
1.0
0.5
0
ΔI(mA)
0
100
200
300
400
500
600
700
800
900
1000
H2 Concentration(ppm)

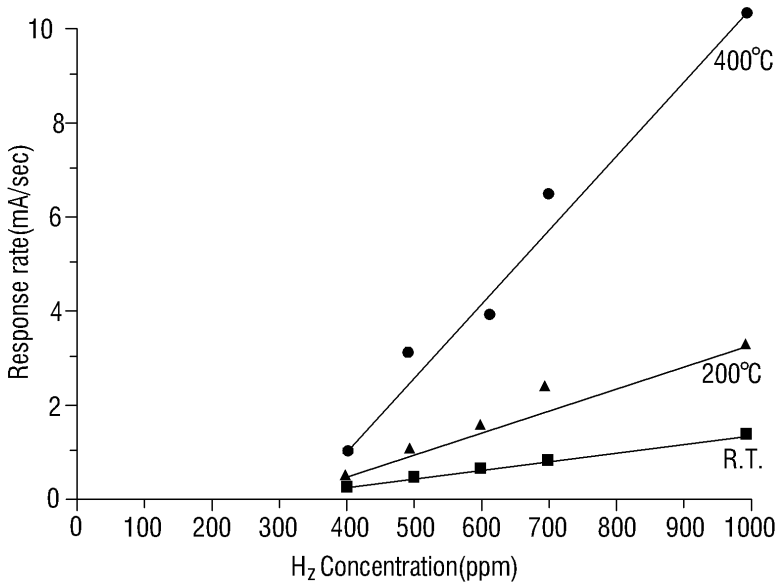
도면10


5.0
4.0
3.0
2.0
1.0
0
ΔI(mA)
0
100
200
300
400
Temperature(℃)

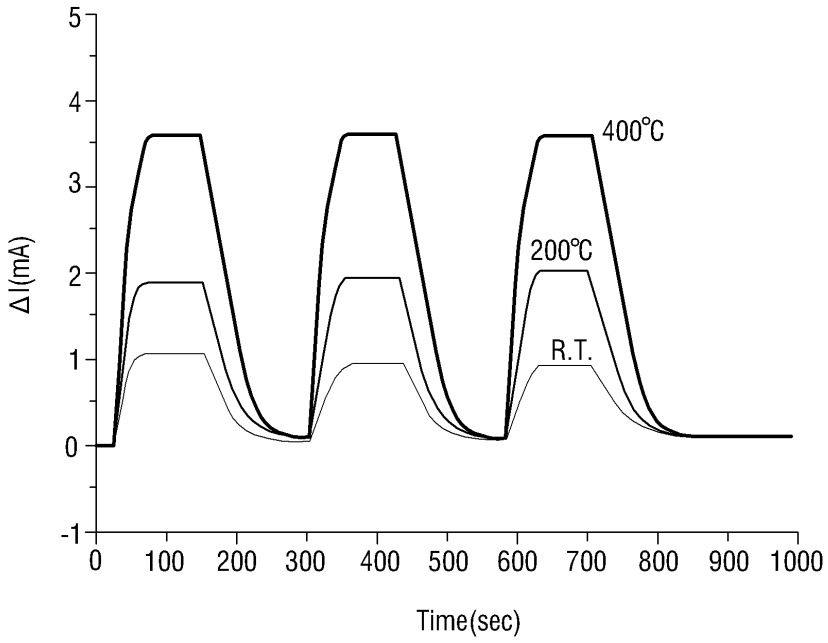
도면11


5
4
3
2
1
0
-1
ΔR / R0
400℃
200℃
R.T.
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
Time(sec)

도면12


Response rate(mA/sec)
10
8
6
4
2
0
0
100
200
300
400
500
600
700
800
900
1000
H_2 Concentration(ppm)
400℃
200℃
R.T.

도면13


ΔI(mA)
5
4
3
2
1
0
-1
0
100
200
300
400
500
600
700
800
900
1000
Time(sec)
400℃
200℃
R.T.