



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2013-0026075
(43) 공개일자 2013년03월13일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01N 27/12 (2006.01) G01N 29/00 (2006.01)
H03H 9/25 (2006.01) H03H 3/08 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2011-0089454
(22) 출원일자 2011년09월05일
심사청구일자 2011년09월05일

(71) 출원인
울산대학교 산학협력단
울산 남구 무거2동 산29
(72) 발명자
정귀상
울산광역시 울주군 범서읍 굴화리 동문굿모닝힐
105동 1202호
(74) 대리인
이풍우

전체 청구항 수 : 총 13 항

(54) 발명의 명칭 표면탄성파 수소센서 및 이의 제조방법

(57) 요약

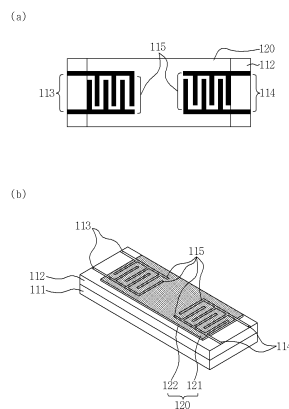
본 발명은 표면탄성파(SAW) 수소센서 및 이의 제조방법에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 표면탄성파(SAW) 소자를 기반으로 하고 산화아연(ZnO)과 백금(Pt)효소로 이루어진 나노입자 검출층을 갖는 표면탄성파(SAW) 수소센서 및 이의 제조방법에 관한 것이다.

이러한 표면탄성파(SAW) 수소센서는, 실리콘(Si) 기판과, 그 기판 상부 면의 질화알루미늄(AIN) 박막과, 그 박막 상부 면의 양측으로 입력 IDT 전극과 출력 IDT 전극과, 상기 전극의 전극가지 부분을 덮으며 형성되는 나노입자 검출층과 상기 층을 구성하는 산화아연(ZnO) 박막과 백금(Pt) 박막을 포함하여 이루어지고,

이러한 표면탄성파(SAW) 수소센서 제조방법은, 실리콘(Si) 기판과 그 기판의 상부 면에 질화알루미늄(AIN) 박막을 형성하는 단계, 질화알루미늄(AIN) 박막의 상부 면에 입력 및 출력 IDT 전극을 형성하는 단계를 포함하는 2개의 전극을 가지는 표면탄성파(SAW) 소자 딜레이 라인을 형성하는 단계, 졸겔(sol-gel) 프로세싱 방식에 의해 산화아연(ZnO) 박막을 형성하는 단계 및 상기 산화아연(ZnO) 박막 상에 필름의 형상으로 백금(Pt) 박막이 코팅되는 단계를 포함하는 나노입자 검출층(120)을 형성하는 것을 특징으로 하는 표면탄성파 수소센서의 제조방법으로 이루어진다.

따라서, 본 발명은 표면탄성파(SAW) 소자(110)상에 층식으로 형성된 나노입자 검출층이 표면탄성파(SAW) 수소센서의 딜레이 라인의 입력,출력 IDT 전극에 의해 영향을 받는 효과에 의하여 종래의 소자보다 더욱 우수한 효율을 가진다.

대표도 - 도1



특허청구의 범위

청구항 1

표면탄성파(SAW) 소자를 이용한 표면탄성파(SAW) 수소센서에 있어서,

실리콘(Si) 기판(110)과 그 기판 상부 면에는 질화알루미늄(AlN) 박막(112)이 형성되고 그 박막 상부 면의 양측으로 입력 IDT 전극(113)과 출력 IDT 전극(114)이 형성된 표면탄성파(SAW) 소자(100)와;

상기 질화알루미늄(AlN) 박막(112)과 상기 입력 및 출력 IDT 전극(113, 114)의 상부 면에 형성되어 차례대로 층을 이루되 상기 전극의 전극 가지(115) 부분을 덮으며 형성되는 나노입자 검출층(120)을 포함하여 이루어진 것을 특징으로 하는 표면탄성파(SAW) 수소센서.

청구항 2

제 1항에 있어서,

상기 나노입자 검출층(120)은 나노입자로 이루어진 산화아연(ZnO) 박막(122)과 그 상부 면에 형성되어 촉매 작용을 하는 백금(Pt) 박막(123)을 포함하여 이루어지는 것을 더욱 특징으로 하는 표면탄성파(SAW) 수소센서.

청구항 3

제 2항에 있어서,

상기 산화아연(ZnO) 박막(122)은 200 nm 내지 280 nm의 두께로 형성되 바람직하게는 240 nm의 두께를 형성하고 상기 백금(Pt) 박막(123)은 1 nm 내지 5 nm의 두께로 형성되 바람직하게는 3 nm의 두께를 형성하는 것을 더욱 특징으로 하는 표면탄성파(SAW) 수소센서.

청구항 4

제 1항에 있어서,

상기 질화알루미늄(AlN) 박막(112)의 두께는 0.5 μm 내지 2 μm 의 두께를 형성하되 바람직하게는 1 μm 의 두께를 형성하는 것을 더욱 특징으로 하는 표면탄성파(SAW) 수소센서.

청구항 5

제 1항에 있어서,

상기 입력 IDT 전극(113)과 출력 IDT 전극(114)은 알루미늄(Al)으로 이루어지고 상기 전극(113, 114)의 사이는 4 mm 내지 6 mm의 간극을 유지하되 바람직하게는 5 mm의 간극을 유지하고, 상기 입력 및 출력 IDT 전극 가지(115)의 쌍은 45쌍 내지 55쌍을 형성하되 바람직하게는 50쌍을 형성하고, 상기 전극 가지(115) 사이의 간격은 8 μm 내지 12 μm 을 유지하되 바람직하게는 10 μm 의 간격을 형성하는 것을 더욱 특징으로 하는 표면탄성파(SAW) 수소센서.

청구항 6

제 1항에 있어서,

상기 나노입자 검출층(120)은 상기 입력 및 출력 IDT 전극(113, 114)의 사이의 질화알루미늄(AlN) 박막(112)의 상부 면에 3 mm²의 면적으로 형성되는 것을 더욱 특징으로 하는 표면탄성파(SAW) 수소센서.

청구항 7

표면탄성파소자(SAW)를 이용한 표면탄성파(SAW) 수소센서의 제조방법에 있어서,

실리콘(Si) 기판(111)과 그 기판의 상부 면에 반응성 펄스 마그네트론 스퍼터링 방식(pulsed magnetron sputtering system)의 물리증착법에 의해 질화알루미늄(AlN) 박막(112)을 형성하는 단계와, 질화알루미늄(AlN) 박막(112)의 상부면에 포토리소그래피(Photolithography)의 방법과 습식도금법에 의해 입력 및 출력 IDT 전극(113, 114)을 형성하는 단계를 포함하는 2개의 전극을 가지는 표면탄성파(SAW) 소자(110) 딜레이 라인을 형성하

는 단계와;

졸겔(sol-gel) 프로세싱 방식에 의해 산화아연(ZnO) 박막(122)을 형성하는 단계; 및

상기 산화아연(ZnO) 박막(122) 상에 필름의 형상으로 백금(Pt) 박막(121)이 코팅되는 단계를 포함하는 나노입자 검출층(120)을 형성하는 것을 특징으로 하는 표면탄성파(SAW) 수소센서의 제조방법.

청구항 8

제 7항에 있어서,

상기 졸겔(sol-gel) 프로세싱 방식의 산화아연(ZnO) 코팅 용액은 아연 아세테이트($(\text{ZnO}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O})$), 메톡시에탄올(methoxyethanol) 및 모노에탄올

아민(monoethanolamine)로 구성되어 70℃에서 2시간 동안 자석교반기(magnetic stirrer)로 혼합되어 코팅 공정에 사용되기 전, 2 내지 3일을 상온에서 대기하는 것을 더욱 특징으로 하는 표면탄성파(SAW) 수소센서의 제조방법.

청구항 9

제 8항에 있어서,

상기 산화아연(ZnO) 코팅 용액의 코팅 공정은 상온에서 2500 rpm의 회전속도를 갖는 스핀 코팅 장치(spin coating device)에 의해 표면탄성파(SAW) 소자(110)의 상부 면에 코팅되어 산화아연(ZnO) 층(122)을 형성하고 상기 층(122)은 전열기 상에서 300℃의 온도에서 10분 동안 공기 중에 열처리 되는 것을 더욱 특징으로 하는 표면탄성파(SAW) 수소센서의 제조방법.

청구항 10

제 9항에 있어서,

상기 코팅 공정은 8회 이상 수행하여 상기 산화아연(ZnO) 박막(122)의 두께가 240 nm가 되도록 하는 것을 더욱 특징으로 하는 표면탄성파(SAW) 수소센서의 제조방법.

청구항 11

제 10항에 있어서,

상기 코팅 공정이 수행되어 상기 산화아연(ZnO) 박막(122)이 형성된 층, 입력 및 출력 IDT 전극(113, 114), 질화알루미늄(AlN) 박막(112) 및 실리콘(Si) 기판(111)으로 구성된 구성체는 500℃ 내지 600℃의 가열로에서 1시간 동안 어닐링(annealing)되는 것을 더욱 특징으로 하는 표면탄성파(SAW) 수소센서의 제조방법.

청구항 12

제 7항에 있어서,

상기 산화아연(ZnO) 박막(122) 상에 형성되는 백금(Pt) 박막(121)의 코팅 공정은 백금(Pt)의 타겟(target)과 142 W의 RF 전력과 7 m Torr의 스퍼터링 압력의 RF 스퍼터링(sputtering) 방식에 의해 이루어지는 것을 더욱 특징으로 하는 표면탄성파(SAW) 수소센서의 제조방법.

청구항 13

제 6항에 있어서,

상기 나노입자 검출층(120)의 산화아연(ZnO) 박막(122) 코팅 공정에서 사용되는 습식 에칭(wet etching) 용해액은 아세트산(acetic acid), 인산(phosphoric acid) 및 물의 성분비율이 1:1:3 을 이루는 것을 더욱 특징으로 하는 표면탄성파(SAW) 수소센서의 제조방법.

명세서

기술 분야

[0001] 본 발명은 표면탄성과 수소센서 및 이의 제조방법에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 표면탄성과 소자를 기반으로 하고 산화아연(ZnO)과 백금(Pt) 촉매로 이루어진 나노입자 검출층을 갖는 표면탄성과 수소센서 및 이의 제조방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 최근 화석연료의 대체 에너지로 수소가 차세대 주 동력원으로 주목받고 있다. 수소에너지는 별도의 연료 처리장치가 필요없이 바로 사용이 가능하고 무한한 물로부터 생산이 가능하며 사용 후에는 다시 물로 재순환 되고 그 사용시 공해물질을 거의 생성하지도 않아서 머지않아 산업, 가정 등에서 광범위하게 사용될 것으로 예측된다.

[0003] 그런데 수소는 대기중에 4%이상 농축될 경우 쉽게 폭발하기 때문에 수소 연료의 사용에는 수소누출을 조기에 감지할 수 있는 감지센서가 반드시 필요하다. 이에 따라 접촉연소식 센서, 반도체식 센서, 전기화학식 센서, 팔라듐(Pd) 전계효과 트랜지스터(FET)식 센서, 그리고 팔라듐(Pd) 저항식 센서 등 다양한 수소센서가 개발되고 있는데, 이중에도 표면탄성과(SAW) 소자는 수소 검출에 있어서 고감도, 선별능력 및 빠른 응답성에 대한 요구를 충족하고 특히, 원격 무선 작동이 가능하고 수동센서로서 높은 가능성을 지녀 수소센서로서 각광을 받고 있다.

[0004] 일반적으로, 표면탄성과(SAW) 소자는 압전기판의 특성을 이용하여 RF 대역에서 대역선택 특성이 좋은 필터 및 듀플렉서 등의 RF 부품의 응용에 많이 사용되어 왔다. 이러한 표면탄성과(SAW) 소자는 통상 고유한 통신신호를 만들기 위해 압전기판 상에 특정 신호를 필터링하는 입,출력 내부 디지털 변환기(Inter-Digital Transducer: IDT) 전극패턴이 형성되는데, 표면탄성과(SAW) 소자의 전기적 특성은 이러한 입,출력 IDT 전극패턴의 형상 및 구성과, 압전기판을 전파하는 표면탄성과의 전파특성에 주로 결정된다.

[0005] 최근에는 이러한 표면탄성과(SAW) 소자의 특성을 이용하여 가스 등을 감지하는 센서에 적용하려는 시도가 있어 왔고, 표면탄성과(SAW) 소자의 입,출력 IDT 전극 사이에 가스감지를 위한 가스 민감성 감응물질을 형성하고 그 감응물질에 가스가 흡착되면 표면탄성과(SAW)의 주파수 변화가 발생하게 되고, 이로써 출력 IDT 에서 출력되는 전기신호의 주파수, 위상, 진폭 등에서 변화가 발생하게 된다. 이러한 전기신호의 변화를 이용하여 흡착된 가스의 종류와 농도를 검출하게 된다.

[0006] 상술한 바의 가스 민감성 감응물질에 해당하는 수소 감지 물질에는 폴리아닐린(PANI), 금속산화물반도체(SMO), 삼산화텅스텐(WO₃), 산화아연(ZnO) 및 이산화주석(SnO₂) 등이 있으며, 이들을 이용한 수소센서의 상온에서의 센서 성능을 증대시키기 위해 백금(Pt), 팔라듐(Pd), 은(Ag) 등과 같은 비활성 촉매 물질이 사용되었다. 이중에서 중합체(polymer)를 기반으로 하는 수소센서는 상온에서 좋은 감응성을 보이지만, 센서의 제조과정을 견디지 못하고 취약한 기계적, 열적 안정성에 의한 고온에서 작동하지 못하는 문제점을 보인다. 반면에 금속산화물반도체(SMO)를 기반으로 하는 수소센서는 제조과정을 잘 견디지만 고온에서만 동작하기 때문에 가스분자의 흡수를 위해서는 온도를 올려야 작동하고 마이크로 히터와 결합이 필요하여 상대적으로 복잡한 과정과 높은 에너지 소모의 문제점이 있다.

[0007] 또한, 기존의 표면탄성과(SAW) 수소센서는 높은 전기기계적 상호 계수 때문에 니튴니오바이트(LiNbO₃)와 리튴탄탈레이트(LiTaO₃)의 물질을 기초소재로 삼았는데, 이들은 온도에 따른 안정성이 취약하여 이에 따르는 센서의 신뢰성에 문제가 발생하였다.

선행기술문헌

특허문헌

[0008] (특허문헌 0001) 대한민국 공개특허공보 제10-2010-0082956호(2010.7.21.)
(특허문헌 0002) 대한민국 공개특허공보 제10-2010-0082541호(2010.7.19.)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0009] 본 발명은 상기한 종래기술의 문제점을 해결하기 위하여 제안된 것으로, 수소센서의 제조과정에서 쉽게 제작이 가능하고 높은 온도 및 상온에서도 작동이 가능한 화학적 안정성과 열에 대한 안정성이 높은 산화아연(ZnO)에 백금(Pt) 촉매를 결합한 물질을 수소 감지 물질로 사용하되, 수소 가스의 내,외부의 확산이 더 빠르고 용이하도록 상기 산화아연(ZnO)을 나노입자 형태로 형성한 표면탄성파(SAW)를 이용한 수소센서 및 그 제조방법을 제공하는데 목적이 있다. 또한, 실리콘(Si) 기판과 온도의 변화에 안정성이 좋은 질화알루미늄(AlN) 박막 및 입력, 출력 IDT 전극으로 이루어지는 표면탄성파(SAW) 소자 상에 상기 수소 감지 물질 층을 형성하는 많은 디자인 중에서 가장 높은 성능을 보여주는 층식 디자인의 표면탄성파(SAW) 수소센서 및 그 제조방법을 제공하는데 목적이 있다.

과제의 해결 수단

- [0010] 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명의 표면탄성파(SAW) 수소센서의 구성으로는,
- [0011] 실리콘(Si) 기판과 그 기판 상부 면에는 질화알루미늄(AlN) 박막이 형성되고 그 박막 상부 면의 양측으로 입력 IDT 전극과 출력 IDT 전극이 형성된 표면탄성파(SAW) 소자와;
- [0012] 상기 질화알루미늄(AlN) 박막과 상기 입력 및 출력 IDT 전극의 상부 면에 형성되어 차례대로 층을 이루되 상기 전극의 전극 가지 부분을 덮으며 형성되는 나노입자 검출층을 포함한다.
- [0013] 본 발명의 다른 특징으로는, 상기 나노입자 검출층은 나노입자로 이루어진 산화아연(ZnO) 박막과 그 상부 면에 형성되는 촉매 작용을 하는 백금(Pt) 박막을 포함하여 이루어진다.
- [0014] 본 발명의 또 다른 특징으로는, 상기 산화아연(ZnO) 박막은 200 nm 내지 280 nm의 두께로 형성되 바람직하게는 240 nm의 두께를 형성하고 상기 백금(Pt) 박막은 1 nm 내지 5 nm의 두께로 형성되 바람직하게는 3 nm의 두께를 형성한다.
- [0015] 본 발명의 또 다른 특징으로는, 상기 질화알루미늄(AlN) 박막은 다결정의 압전소자를 형성하고, 그 두께는 0.5 μm 내지 2 μm 의 두께를 형성하되 바람직하게는 1 μm 의 두께를 형성한다.
- [0016] 본 발명의 또 다른 특징으로는, 상기 입력 IDT 전극과 출력 IDT 전극의 사이는 4 mm 내지 6 mm의 간극을 유지하되 바람직하게는 5 mm의 간극을 유지하고, 상기 입력 및 출력 IDT 전극 가지의 쌍은 45쌍 내지 55쌍을 형성하되 바람직하게는 50쌍을 형성하고, 상기 전극 가지 사이의 간격은 8 μm 내지 12 μm 을 유지하되 바람직하게는 10 μm 의 간격을 형성한다.
- [0017] 본 발명의 또 다른 특징으로는, 상기 나노입자 검출층은 상기 입력 및 출력 IDT 전극의 사이의 질화알루미늄(AlN) 박막의 상부 면에 3 μm^2 의 면적으로 형성된다.
- [0018] 또한, 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명의 표면탄성파(SAW) 수소센서의 제조 방법은,
- [0019] 실리콘(Si) 기판과 그 기판의 상부 면에 반응성 펄스 마그네트론 스퍼터링 방식(pulsed magnetron sputtering system)의 물리증착법에 의해 질화알루미늄(AlN) 박막을 형성하는 단계와, 질화알루미늄(AlN) 박막의 상부면에 포토리소그래피(Photolithography)의 방법과 습식도금법에 의해 입력 및 출력 IDT 전극을 형성하는 단계를 포함하는 2개의 전극을 가지는 표면탄성파(SAW) 소자 딜레이 라인을 형성하는 단계와;
- [0020] 졸겔(sol-gel) 프로세싱 방식에 의해 산화아연(ZnO) 박막을 형성하는 단계; 및
- [0021] 상기 산화아연(ZnO) 박막상에 필름의 형상으로 백금(Pt) 박막이 코팅되는 단계를 포함한다.
- [0022] 본 발명의 다른 특징으로는, 상기 졸겔(sol-gel) 프로세싱 방식의 산화아연(ZnO) 코팅 용액은 아연 아세테이트($(\text{ZnO}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O})$), 메톡시에탄올(methoxyethanol) 및 모노에탄올아민(monoethanolamine)으로 구성되어 70°C에서 2시간 동안 자석교반기(magnetic stirrer)로 혼합되어 코팅 공정에 사용되기 전, 2 내지 3일을 상온에서 대기한다.
- [0023] 본 발명의 또 다른 특징으로는, 상기 산화아연(ZnO) 코팅 용액의 코팅 공정은 상온에서 2500 rpm의 회전속도를 갖는 스핀 코팅 장치(spin coating device)에 의해 표면탄성파(SAW) 소자의 상부 면에 300°C의 공기로 상기 코팅 용액이 10분 동안 분사된다.
- [0024] 본 발명의 또 다른 특징으로는, 상기 코팅 공정은 8회 이상 수행하여 상기 산화아연(ZnO) 박막의 두께가 240 nm가 되도록 한다.

- [0025] 본 발명의 또 다른 특징으로는, 상기 코팅 공정이 수행되어 상기 산화아연(ZnO) 박막이 형성된 입력 및 출력 IDT 전극, 질화알루미늄(ALN) 박막 및 실리콘(Si) 기판의 구성물들이 500℃ 내지 600℃의 가열로에서 1시간 동안 담금질 된다.
- [0026] 본 발명의 또 다른 특징으로는, 상기 산화아연(ZnO) 박막 상에 형성되는 백금(Pt) 박막의 코팅 공정은 백금(Pt)의 타겟(target)과 142 W의 RF 전력과 7 m torr의 스퍼터링 압력의 RF 스퍼터링(sputtering) 방식에 의한다.
- [0027] 본 발명의 또 다른 특징으로는, 상기 나노입자 검출층의 산화아연(ZnO) 박막 코팅 공정에서 사용되는 습식 에칭(wet etching) 용해액은 아세트산(acetic acid), 인산(phosphoric acid) 및 물의 성분비율이 1:1:3 을 이룬다.

발명의 효과

- [0028] 상기한 바와 같이, 본 발명에 의하면 수소 감지 물질 중에서 산화아연(ZnO) 물질을 사용함으로써 화학적 안정성과 열에 대한 안전성이 뛰어나고, 나노입자로 쉽게 가공을 할 수 있어 수소 가스의 확산이 뛰어나며, 백금(Pt) 비활성 촉매 물질을 사용함으로써 가장 효율적으로 수소분자를 수소 이온으로 분해하는 효과가 있어 상온에서 센서의 효율이 뛰어난 효과가 있다.
- [0029] 또한, 상기 표면탄성파(SAW) 소자의 실리콘(Si) 기판과 질화알루미늄(ALN) 박막 및 입,출력 IDT 전극의 구성에서 질화알루미늄(ALN) 물질은 열에 대한 뛰어난 안정성으로 센서의 작동에 있어 뛰어난 신뢰성을 가지는 효과와, 상기 수소 감지 물질 층을 표면탄성파(SAW) 소자 상에 층식으로 형성하여 표면탄성파(SAW) 수소센서의 효율을 높이는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

- [0030] 도 1은 본 발명의 일 실시 예에 따른 표면탄성파(SAW) 수소센서의 평면도와 사시도.
- 도 2는 본 발명의 일 실시 예와 비교하기 위한 장치들의 도식과 실물 사진.
- 도 3은 본 발명의 표면탄성파(SAW) 수소센서의 수소 검출 능력을 측정하기 위한 시스템의 개략도.
- 도 4는 본 발명의 일 실시 예에 따른 표면탄성파(SAW) 수소센서의 여러 온도에서 어닐링(annealing) 후 측정된 XRD(X-Ray Diffraction) 패턴의 그래프.
- 도 5는 본 발명의 일 실시 예에 따른 표면탄성파(SAW) 수소센서의 여러 온도에서 어닐링(annealing) 후 찍은 주사전자현미경(SEM) 사진.
- 도 6은 본 발명의 일 실시 예와 비교하기 위한 장치들의 주파수 응답 그래프.
- 도 7은 본 발명의 일 실시 예와 비교하기 위한 장치들의 수소농도와 주파수 이동 그래프.
- 도 8은 본 발명의 일 실시 예와 비교하기 위한 장치들의 수소농도 1%에서 각 장치의 IDT 저항을 측정된 그래프.
- 도 9는 본 발명의 일 실시 예에 따른 표면탄성파(SAW) 수소센서의 다양한 온도 어닐링(annealing) 후 주파수 응답 그래프.
- 도 10은 본 발명의 일 실시 예에 따른 표면탄성파(SAW) 수소센서의 다양한 습도에서의 주파수 응답 그래프.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0031] 이하, 첨부된 도면들을 참조하여 본 발명의 일 실시 예에 따른 표면탄성파(SAW) 수소센서 및 이의 제조방법에 대하여 상세히 설명한다.
- [0032] 본 명세서에 있어서, 어떤 구성 요소가 다른 구성 요소 "상"에 형성되어 있다고 기재된 경우 및 "상부 면"에 형성되어 있다고 기재된 경우는, 상기 어떤 구성 요소는 상기 다른 구성 요소와 직접 접촉되어 형성되거나 다른 특수한 방법으로 접촉되는 것을 지칭하며 상기 특수한 접촉 방법은 이하에서 개별적으로 설명한다.
- [0033] 이하, 본 발명의 표면탄성파(SAW) 소자를 이용한 표면탄성파(SAW) 수소센서의 구성요소를 설명하면 다음과 같다.
- [0034] 도 1은 본 발명의 일 측면에 따른 표면탄성파(SAW) 소자를 이용한 표면탄성파(SAW) 수소센서를 개략적으로 나타

낸 평면도(a)와 사시도(b)이다.

- [0035] 도 1을 참조하면, 본 발명의 일 측면에 따른 표면탄성파(SAW) 수소센서(100)는 표면탄성파(SAW) 소자(110) 상부면에 나노입자 검출층(120)이 형성되는 구성을 가지되, 상기 표면탄성파(SAW) 소자(110)는 순차적으로, 실리콘(Si) 기판(111)과 그 기판(111) 상부면에 질화알루미늄(AIN) 박막(112)과 그 박막(112) 상부면의 양측단 쪽으로 입력 IDT 전극(113)과 출력 IDT 전극이 각각 형성되는 구성을 가진다. 또한, 상기 질화알루미늄(AIN) 박막(112)과 상기 입력 및 출력 IDT 전극(113, 114)의 상부면에 나노입자 검출층(120)이 순차적으로 형성되되, 상기 나노입자 검출층(120)은 상기 입력 및 출력 IDT 전극(113, 114)의 전극가지(115) 부분을 가리고 상기 전극(113, 114)의 끝단 일부분은 노출되는 형태로 형성되는 구성을 가진다.
- [0036] 상기 질화알루미늄(AIN) 박막(112)은 양질의 다결정 압전소자로서 역할을 하는 얇은 필름으로서 그 두께는 0.5 μm 내지 2 μm 의 두께를 형성하되 바람직하게는 1 μm 의 두께를 형성한다. 여기서 질화알루미늄(AIN) 박막(112)은 탄성파의 전파속도가 빠르고 온도변화와 화학적 변화에 안정적이어서 표면탄성파(SAW) 소자에 매우 유용하다는 점이 증명되었고, 또한 실리콘(Si) 기판(111)과 질화알루미늄(AIN) 박막(112) 구조의 주파수 온도계수(TCF)는 $-30 \text{ ppm}/^{\circ}\text{C}$ 로서 종래의 기판으로 사용되는 물질들의 주파수 온도계수(TCF)보다 훨씬 작아 주위온도 변화에 따르는 영향을 크게 줄일 수 있다.
- [0037] 2단자 표면탄성파(SAW) 지연 라인(delay line)은 상기 실리콘(Si) 기판(111)과 질화알루미늄(AIN) 박막(112) 및 입,출력 IDT 전극(113, 114)으로 이루어진 구조를 기반으로 하여 형성되고, 상기 입력 IDT 전극(113)과 출력 IDT 전극(114)은 알루미늄(Al) 재질로 이루어지고 상기 전극(113, 114) 사이는 4 mm 내지 6 mm의 간극을 유지하되 바람직하게는 5 mm의 간극을 유지하고 상기 입력 및 출력 IDT 전극가지(115)의 쌍은 45쌍 내지 55쌍을 형성하되 바람직하게는 50쌍을 형성하고 상기 전극가지(115) 사이의 간격은 8 μm 내지 12 μm 을 유지하되 바람직하게는 10 μm 의 간격을 형성한다. 여기서 상기 전극가지(115)의 간격(d)으로 인한 표면탄성파(SAW)의 파장(λ)은 상기 간격(d)의 4배인 40 μm 이고 상기 간격(d)으로 인한 애퍼처(aperture)의 크기는 상기 파장(λ)의 100배로 4000 μm 가 된다.
- [0038] 상기 나노입자 검출층(120)은 나노입자로 이루어진 산화아연(ZnO) 박막(122)과 그 상부면에 형성되어 촉매 작용을 하는 백금(Pt) 박막(123)으로 이루어지고, 상기 산화아연(ZnO) 박막(122)은 200 nm 내지 280 nm의 두께로 형성되되 바람직하게는 240 nm의 두께를 형성하고 상기 백금(Pt) 박막(123)은 1 nm 내지 5 nm의 두께로 형성되되 바람직하게는 3 nm의 두께를 형성한다. 여기서, 상온에서의 수소센서의 성능을 향상시키기 위해서 백금(Pt), 팔라듐(Pd), 금(Au), 은(Ag), 티탄(Ti) 및 니켈(Ni)과 같은 귀금속 촉매가 사용되는데, 특히 상기 백금(Pt) 박막(123)의 백금(Pt)은 상온에서 수소분자(H_2)로부터 양성자(H^+)를 분리해내는데 있어서 가장 좋은 효율을 보이는 촉매이다. 또한, 수소 검출 물질들은 폴리아닐린(PANI) 나노섬유, 삼산화텅스텐(WO_3), 이산화주석(SnO_2) 및 산화아연(ZnO) 등이 가장 널리 쓰이는데, 이 중에서도 산화아연(ZnO)은 제조과정에 있어서 싸고 쉬운 방법으로 다양한 모양의 나노구조로 합성할 수 있는 장점을 갖는다. 이러한 산화아연(ZnO) 나노입자들의 다양한 나노구조는 기체분자가 상기 수소 검출 물질의 박막에서 입출을 자유롭게 할 수 있도록 함으로써 기체 분자의 확산을 돕고 결과적으로 나노구조에 의한 체적 대비 표면의 높은 비율과 침투율로 인해 기체 분자의 빠른 확산을 가져온다.
- [0039] 이하, 본 발명의 표면탄성파소자(SAW)를 이용한 표면탄성파(SAW) 수소센서의 제조방법을 설명하면 다음과 같다.
- [0040] 실리콘(Si) 기판(111)상에 질화알루미늄(AIN) 박막(112)을 형성하는 방법은, 실리콘(Si) 기판(111)과 그 기판의 상부면에 반응성 펄스 마그네트론 스퍼터링 방식(pulsed magnetron sputtering system)의 물리증착법에 의하고, 입력 및 출력 IDT 전극(113, 114)을 형성하는 방법은 포토리소그래피(Photolithography)의 방법과 습식 도금법에 의한다. 상기의 과정에 의하여 실리콘(Si) 기판(111), 질화알루미늄(AIN) 박막, 입력 및 출력 IDT 전극(113, 114)이 순차적으로 형성되어 2개의 전극을 가지는 표면탄성파(SAW) 소자(110) 딜레이 라인이 제조된다.
- [0041] 나노입자 검출층(120)의 형성방법은, 졸겔(sol-gel) 프로세싱 방식에 의해 산화아연(ZnO) 박막을 형성하는 단계 및 상기 산화아연(ZnO) 박막(122)상에 필름의 형상으로 백금(Pt) 박막(121)이 코팅되는 단계를 포함한다.
- [0042] 상기 졸겔(sol-gel) 프로세싱 방식의 산화아연(ZnO) 코팅 용액은 아연 아세테이트($(\text{ZnO}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O})$), 메톡시에탄올(methoxyethanol) 및 모노에탄올아민(monoethanolamine)로 구성되어 70 $^{\circ}\text{C}$ 에서 2시간 동안 자석교반기(magnetic stirrer)로 혼합되어 코팅 공정에 사용되기 전, 2 내지 3일을 상온에서 준비된 후 사용된다.
- [0043] 상기 산화아연(ZnO) 코팅 용액의 코팅 방법으로는, 상온에서 2500 rpm의 회전속도를 갖는 스핀 코팅 장치(spin coating device)에 의해 표면탄성파(SAW) 소자(110)의 상부면에 코팅되어 산화아연(ZnO)층(122)을 형성하고 상

기 층(122)은 전열기 상에서 300℃의 온도에서 10분 동안 공기 중에 열처리 된다. 여기서 상기 코팅 공정은 8회 이상 수행하여 상기 산화아연(ZnO) 박막(122)의 두께가 240 nm가 되도록 한다. 결과적으로 상기 코팅 공정이 수행되어 상기 산화아연(ZnO) 박막(122) 층, 입력 및 출력 IDT 전극(113, 114), 질화알루미늄(AlN) 박막(112) 및 실리콘(Si) 기판(111)으로 구성된 상기 구조물들은 500℃ 내지 600℃의 가열로에서 1시간동안 어닐링(annealing) 된다.

[0044] 상기 산화아연(ZnO) 박막(122)상에 형성되는 촉매 역할을 하는 백금(Pt) 박막(121)의 코팅 방법으로는, 백금(Pt)으로 이루어진 타겟(target, 99.999%)을 142 W의 RF 전력과 7 mTorr의 스퍼터링 압력하에서 테이프를 만들어 마스크로 만들어 RF 스퍼터링(sputtering) 방식에 의하여 코팅이 이루어지는데, 이때 백금(Pt)은 약 2초 동안 약 3 nm의 두께로 형성된다.

[0045] 진술한 구조를 갖는 본 발명의 일 측면에 따른 표면탄성파(SAW) 수소센서(100)의 효과를 측정하기 위해 나노입자 검출층(120)의 위치와 크기를 달리하여 비교 소자를 제작하여 실험을 하였다.

[0046] 이하, 본 발명을 하기 실험 예를 통하여 구체적으로 설명하나, 본 발명이 이에 한정되는 것은 아니다.

[0047] 제조예 1

[0048] 진술한 바와 같이 표면탄성파(SAW) 소자를 제작하되, 나노입자 검출층(120)을 코팅하지 않은 표면탄성파(SAW) 소자.

[0049] 제조예 2

[0050] 진술한 바와 같이 표면탄성파(SAW) 수소센서를 제작하되, 가로 3 mm, 세로 3 mm 의 크기를 가지고 산화아연(ZnO) 박막(122)과 백금(Pt) 박막(121)으로 이루어지는 나노입자 검출층(120)이 상기 입력 및 출력 IDT 전극(113, 114) 사이에 형성 되도록 하되, 상기 나노입자 검출층(120)의 산화아연(ZnO) 박막(122) 코팅 공정에서 사용되는 습식 에칭(wet etching) 용해액은 아세트산(acetic acid), 인산(phosphoric acid) 및 물의 성분비율이 1:1:3 을 이룬다.

[0051] 제조예 3

[0052] 진술한 바와 같이 표면탄성파(SAW) 수소센서를 제작하되, 상기 산화아연(ZnO)박막(122)과 백금(Pt)박막(121)으로 이루어지는 나노입자 검출층(120)은 상기 입력 및 출력 IDT 전극(113, 114)의 전극 가지(115)를 덮고 코팅이 형성되어 표면탄성파(SAW) 수소센서를 이루는 모든 구성들이 층을 이루고 형성된다.

[0053] 실험예

[0054] 도 3에서 도시된 바와 같이 상기 제조예에 따라 제조된 표면탄성파(SAW) 수소 센서의 특성을 평가하기 위하여 상온에서 다양한 수소 농도하에서의 수소측정장치를 준비하였다. 상기 표면탄성파(SAW) 수소센서는 밀폐된 챔버 내부에 탑재되고, 질소(N₂) 가스 내의 수소(H₂) 농도(0.25%, 0.5%, 0.75%, 1%)를 조절하기 위하여 컴퓨터로 제어되는 가스유량제어장치(MFC-MPR 2000)가 사용되고, 20 sccm (standard cubic centimeters per minute)의 비율로 정유량(constant flow)의 상기 혼합기체가 챔버 내부로 흘러들어가며, 상기 가스의 센서에의 노출시간은 수소(H₂)의 한 펄스당 시간으로 고정되며, 챔버 내의 습도와 온도는 검사기로 실시간 감시된다. 또한, 규소(Si)와 질화알루미늄(AlN) 기반의 산화아연(ZnO) 박막과 백금(Pt) 박막의 결정 구조 특성을 측정하기 위하여 Cu-K α 방사선(1.5406 Å)을 이용한 X선회절(XRD) 기법을 이용하는 XPERT-PRO를 사용하였고, 박막의 표면 특성을 분석하기 위해 전자현미경(FS-SEM)이 사용되었다.

[0055] 도 4는 다양한 온도에서 어닐링(annealing)된 후의 표면탄성파(SAW) 수소센서(100)의 백금(Pt), 산화아연(ZnO), 질화알루미늄(AlN) 및 실리콘(Si) 구조의 X선회절(XRD) 패턴을 나타낸 그래프이다.

[0056] 도 4를 참조하면, 그래프(a)는 어닐링(annealing)을 하지 않았을 때를 나타내고, 그래프(b)는 500℃에서 어닐링(annealing)을 했을 때를 나타내고, 그래프(c)는 600℃에서 어닐링(annealing)을 했을 때를 나타낸다. 여기서, 그래프(a)에서는 X선회절(XRD) 스펙트라에서 피크가 명확하게 나타나지 않았고, 그래프(b)와 그래프(c)에서 상기 피크가 명확하게 나타났다. 명확한 피크는 산화아연(ZnO)의 섬유아연석형구조 반사가 결정방향(ZnO(002)), 결정방향(ZnO(004)) 및 결정방향(ZnO(100))에 대해 각각 $2\theta = 31.79^\circ$, 34.46° , 72.5° 에서 나타났다. 결정방향(ZnO(002))와 결정방향(ZnO(004))의 각각의 질화알루미늄(AlN) 박막(112)의 막에도 $2\theta = 36.08^\circ$, 76.47° 에서 다른 피크들이 나타나있다. 육각형 구조의 산화아연(ZnO) 박막(122)과 연관된 피크들 중에서 가장 높은 피크는 $2\theta = 34.46^\circ$ 에 나타나는데, 이는, 중합 질화알루미늄(AlN) 박막(112)에서 자라나는 산화아연(ZnO) 박

막(122)이 결정방향 (ZnO(002))에 지배적인 지향성 평면막을 가진다는 것을 증명한다. 결정방향 (ZnO(002))의 산화아연(ZnO) 박막(122) 로킹 곡선(rocking-curve)에서의 반치폭(FWHM)에서 피크는 어닐링(annealing)이 없는 샘플의 경우는 0.49° 에서, 500℃에서 어닐링(annealing)이 된 경우는 0.31° 에서, 600℃에서 어닐링(annealing)이 된 경우는 0.23° 에서 각각 나타났다. 상기와 같이 점차 감소하는 반치폭(FWHM)의 값은 고온일수록 산화아연(ZnO) 박막(122)의 질이 좋아진다는 것을 의미하고, 이것의 이유는 어닐링(annealing)의 과정에서 산화아연(ZnO) 박막(122)의 원자들이 배열에 필요한 에너지를 받아 적합한 격자에 배열되어 탈구나 결함이 더 적어지기 때문이다. 결정방향(Pt(111))의 백금(Pt) 박막(121)에 대한 39.88° 에 나타나는 피크는 상기 구조에서 백금(Pt)의 존재 여부를 확인시켜준다.

[0057] 도 5는 다양한 온도에서 어닐링(annealing)된 후의 표면탄성파(SAW) 수소센서(100)의 주사전자현미경(SEM) 이미지이다. 그림 (a)는 어닐링(annealing)이 이루어지지 않은 상태의 표면탄성파(SAW) 수소센서(100)의 주사전자현미경(SEM) 이미지이고, 그림 (b)는 500℃에서 어닐링(annealing)이 이루어진 상태의 표면탄성파(SAW) 수소센서(100)의 주사전자현미경(SEM) 이미지이고, 그림 (c)는 600℃에서 어닐링(annealing)이 이루어진 상태의 표면탄성파(SAW) 수소센서(100)의 주사전자현미경(SEM) 이미지이며, 그림 (d)는 육방형 질화알루미늄(AlN) 박막(112) 위의 다공성 산화아연(ZnO) 박막(122)의 표면탄성파(SAW) 수소센서(100)의 백금(Pt), 산화아연(ZnO), 질화알루미늄(AlN) 및 실리콘(Si) 구조의 횡단면 주사전자현미경(FE-SEM) 이미지이다.

[0058] 도 5를 참조하면, 그림 (a),(b),(c)의 세 샘플 모두 나노 입자들로 이루어지고 다공성 필름은 졸겔(sol-gel) 프로세싱 방식에 의해 스핀 코팅을 통해 배치되었다. 결정방향(ZnO(002))의 로킹커브(rocking-curve)의 반치폭(FWHM)에서 피크는 500℃에서 어닐링(annealing)이 된 경우는 0.31° 에서, 600℃에서 어닐링(annealing)이 된 경우는 0.23° 에서 각각 나타났다. 결정 크기 D는 Scherrer 공식($D = K\lambda / (B \cos \theta)$)을 통해 측정이 가능하며, 여기서 K는 0.9로 고정되어있으며, λ 는 X레이 파장을 나타내고, B는 반치폭(FWHM)의 라디안 값이며, θ 는 피크 포지션의 Bragg-회절 값을 나타낸다. 이와 같이 결정 크기 D는 500℃에서 어닐링(annealing)의 경우 27 nm이고, 600℃에서 어닐링(annealing)의 경우 36 nm이다. 그림 (a),(b),(c)에서처럼 어닐링(annealing)이후에 입자성장이 뚜렷이 관측되었다. 작은 결정들은 어닐링(annealing) 과정에서 온도가 증가하자 서로 합쳐져 큰 결정을 만들었다. 이는 고온에서의 어닐링(annealing)은 X선 회절기법(XRD)에서의 반치폭(FWHM) 값의 감소를 확증해준다. 그림 (d)에서 보이는 것처럼, 백금(Pt) 박막(121)의 첨가 전후의 산화아연(ZnO) 박막(122)의 형태는 비슷한데, 이는 백금(Pt) 박막(121)의 두께가 몇 나노미터(nm)에 불과하여 식별이 힘들기 때문이다.

[0059] 도 6은 표면탄성파(SAW) 소자들의 진동 반응을 나타내는 그래프이며, 그림 (a)는 상온에서의 제조에 1의 백금(Pt) 박막(121)과 산화아연(ZnO) 박막(122) 구조가 없는 2극 표면탄성파(SAW) 딜레이 라인 소자의 그래프이고, 그림 (b)는 500℃에서 어닐링(annealing)을 한 제조에 2의 백금(Pt) 박막(121)과 산화아연(ZnO) 박막(122)를 코팅한 일반적 표면탄성파(SAW) 소자의 그래프이고, 그림 (c)는 제조에 3의 층을 이루는 표면탄성파(SAW) 소자(110)의 그래프이다.

[0060] 도 6을 참조하면, 표면탄성파(SAW)의 속도는 중앙 진동수(f_0)와 표면탄성파(SAW) 딜레이 라인의 파장(λ)값을 공식($f_0 = V_{SAW} / \lambda$)에 대입하여 구할 수 있다. 백금(Pt) 박막(121)과 산화아연(ZnO) 박막(122)이 입력 및 출력 IDT 전극(113, 114)과 질화알루미늄(AlN) 박막(112)과 실리콘(Si) 기판(111)의 구조위에 코팅된 후 상기 소자의 속도는, 제조에 2의 소자의 경우는 5154 m/s인데 반하여, 제조에 3의 소자의 경우는 5077 m/s로 감소하였고, 제조에 1의 소자의 경우는 5171 m/s이었다. 또한 추가 손실이 제조에 2의 소자의 경우 1.3 dB에서 제조에 3의 4.6 dB로 증가했는데, 이러한 변화는 박막 형성으로 인한 질량변화, 박막의 높은 전도성 때문이다. 사실 박막 코팅은 표면탄성파(SAW) 딜레이 라인의 공명현상을 감소시키고, 이는 백금(Pt) 박막(121)과 산화아연(ZnO) 박막(122)의 영향이 크다. 제조에 3의 경우 층이 있어서 박막 표면적이 넓기 때문에 제조에 2에 비해 공명이 작았다. 상기 도 6은 수소농도 0.5%와 상대 습도 30%에서의 표면탄성파(SAW) 소자(111)의 진동수 반응을 보여준다. 질화알루미늄(AlN) 박막(112)은 수소 가스에 대해 좋은 안정성을 보여 그림 (a)와 같이 별다른 차이를 보이지 않지만, 그림 (b),(c)에서는 차이가 보이는데, 제조에 2,3에 따른 소자는 수소농도 0.5%에서 진동수가 각각 10kHz와 30kHz만큼 떨어지는 모습을 보인다. 이 센서들은 안정적 상태로 돌아오기 위해 1분이 걸리며, 회복에 2-3분이 걸린다. 수소 원자는 상온에서도 백금(Pt) 이화 작용에 의해 수소 이온과 자유 전자로 분해된다. 이 자유 전자들은 산화아연(ZnO)의 전자 질량에 영향을 끼치며 산화아연(ZnO) 센서 층의 저항을 감소시키고, 표면탄성파(SAW) 증식을 동반하는 전자장과 상호작용한다. 이는 추가 손실과 표면탄성파(SAW) 딜레이 라인의 공명 주파수의 감소를 초래한다.

[0061] 도 7은 상기 제조예에 따른 2극 표면탄성파(SAW) 수소 센서들의 비교를, 상온 수소농도 0, 0.25, 0.5, 0.75, 1%

에서 각각 실험을 하여 주파수의 이동을 나타낸 그래프이다.

- [0062] 도 7을 참조하면, 제조에 1의 소자의 경우 질화알루미늄(AIN) 박막(112)의 안정성때문에 아무런 변화가 없지만 제조에 2, 3의 소자의 경우 공명 주파수가 명확하게 변했다. 최대 변화폭은 제조에 2, 3의 소자 각각 1%의 수소 농도에서 17 kHz 와 55 kHz 였다. 상기 제조에 2,3의 소자 모두 수소 농도가 0 ~ 1%로 바뀔에 따라 선형적 변화를 보였고 제조에 3의 소자의 경우 제조에 2의 소자에 비해 변화폭이 3배가량 더 컸다. 즉 제조에 3의 층을 이룬 표면탄성파(SAW) 수소센서(100)의 높은 민감도는 백금(Pt) 박막(121)과 산화아연(ZnO) 박막(122) 구조의 코팅층 뿐만아니라 두 입력 및 출력 IDT 전극(113, 114) 면의 센서 코팅된 상기 IDT 전극의 임피던스에 대한 효과때문에 초래되었다. 기존의 장치는 백금(Pt) 박막(121)과 산화아연(ZnO) 박막(122) 나노입자 검출층(120)이 입력 IDT 전극(113)과 출력 IDT 전극(114) 사이에 위치했다. 그리고 수소 가스가 나타났을 때 백금(Pt) 박막(121)과 산화아연(ZnO) 박막(122)의 나노입자 검출층(120)의 저항이 전극 1에서 전극 2로의 표면탄성파(SAW)의 전파에 영향을 주었다. 그러나 층구조의 표면탄성파(SAW) 수소센서(100)의 경우 상부 면에 코팅된 나노입자 검출층(120) 때문에 수소 가스는 입,출력 IDT 전극의 저항값을 낮추고 표면탄성파(SAW) 딜레이 라인과 호응하여, 도 7의 그래프처럼 높은 주파수 변화폭을 보인다.
- [0063] 도 8은 상기한 바와 같은 수소 감지 역량에 대한 표면탄성파(SAW) 수소센서(100) 구조 간의 미치는 영향을 알아보기 위해 수소농도 1%에서 각 제조예에 따른 소자들의 입력,출력 IDT 전극의 저항값을 나타낸 그래프이다.
- [0064] 도 8에 참조하면, 그림 (a)가 도시하는 바와 같이 제조에 1, 2에 의한 소자의 입력,출력 IDT 전극 저항은 별다른 변화를 보이지 않는다. 이는 입력, 출력 IDT 전극 사이에 백금(Pt) 박막(121)과 산화아연(ZnO) 박막(122) 구조의 나노입자 검출층(120)이 코팅되어있지 않았기 때문이다. 그러나 제조에 3의 경우 그림 (b)에서 도시하는 바와 같이, 입력, 출력 IDT 전극(113, 114)의 저항이 25% 줄었다. 제조에 3의 소자(100)는 상기 알루미늄(Al)으로 이루어진 전극(113, 114) 사이 10 μ m에서 화학 저항 센서로 작용하고 백금(Pt) 박막(121)과 산화아연(ZnO) 박막(122) 구조의 나노입자 검출층(120)을 상부 면에 달았다. 이때 상기 IDT 전극의 저항은 좋은 반복성을 띄며 1% 수소 농도에서 60초 만에 반응하고, 120초의 회복 시간을 가지며, 이러한 긴 회복시간은 다공성 박막의 탈착을 의미하고, 이는 가스가 박막을 통과해서 나오는데 더 많은 시간을 필요하게 된다는 것을 의미한다. 산화아연(ZnO) 박막(122) 결정 특성의 영향은 그림 (b),(c)에서 관찰된다. 백금(Pt) 촉매는 어닐링(annealing)이 없는 소자의 경우 산화아연(ZnO) 박막(122) 내부의 결점과 방해 때문에 감도가 낮았다.
- [0065] 도 9는 산화아연(ZnO) 박막(122) 구조의 나노입자 검출층(120)의 영향을 측정하기 위해 가장 감도가 좋은 제조예 3에 따르는 소자를 이용하여 주파수 변화를 측정한 그래프이다. 백금(Pt) 촉매의 영향을 줄이기 위해 백금(Pt) 촉매는 각각 어닐링(annealing)을 하지 않은 것, 500℃에서 어닐링(annealing) 처리를 한 것 및 600℃에서 어닐링(annealing) 처리를 한 것에서 2초간 코팅되었다.
- [0066] 도 9에서 도시한 바와 같이, 500℃에서 어닐링(annealing) 처리를 한 소자가 가장 높은 감도를 보이는데, 이는 500℃ 어닐링(annealing) 처리시 산화아연(ZnO) 박막(122)의 입자성장의 사이즈가 감소해 수소가스를 흡수할 표면적이 늘었기 때문이다. 즉 500℃에서의 입자성장의 크기는 27 nm이고 600℃에서의 입자성장의 크기는 36 nm로써 표면적이 넓을수록 더 많은 수소가스를 흡수할 수 있다. 그러나 어닐링(annealing) 처리를 하지 않은 소자의 경우는 산화아연(ZnO) 박막(122)의 결함과 방해로 제대로 반응하지 않았고, 최상의 산화아연(ZnO) 박막(122)은 나노 입자와 결정 특성이 균형을 이루어야한다.
- [0067] 도 10은 백금(Pt) 박막(121)과 산화아연(ZnO) 박막(122) 구조의 나노입자 검출층(120)이 표면탄성파(SAW) 소자(110) 상에 층을 이루는 표면탄성파(SAW) 수소센서(100)의 주파수 변화를 측정하여 나타낸 그래프를 도시한다.
- [0068] 도 10을 참조하면, 산화아연(ZnO) 박막(122)은 가장 잘 알려진 센서 매체이다. 다행히 백금(Pt)과 같은 촉매로 코팅된 산화아연(ZnO) 박막(122)은 물에서 수소를 분리하고 감지하는 등, 선택적인 감지 능력을 보여준다. 얇은 백금(Pt) 박막(121) 촉매는 산화아연(ZnO) 박막(122)이 물 분자를 흡수하는 것을 막아주고, 도 10에서 도시하는 바와 같이, 습도 30 ~ 60%에서의 백금(Pt) 박막(121)과 산화아연(ZnO) 박막(122) 구조의 안정성을 재확인할 수 있다. 물론 습도 60 ~ 75%의 경우 물 분자가 센서 표면에 붙어 감도를 저하시킬 수 있다.
- [0069] 상기한 바와 같이, 표면탄성파(SAW) 소자(110)상에 층식으로 형성된 나노입자 검출층(120)이 표면탄성파(SAW) 수소센서(110)의 딜레이 라인의 입력 및 출력 IDT 전극(113, 114)에 의해 영향을 받는 효과에 의하여 종래의 소자보다 더욱 우세한 효율을 가지며, 상기 수소 센서(100)의 주파수 변화는 수소 농도 1%에서 최대 55 kHz까지 변화했으며, 0 ~ 1% 사이의 수소농도에서 좋은 선형 변화를 보여준다. 또한, 산화아연(ZnO) 박막(122)에 대한 어닐링(annealing) 효과와 결정 입자의 효과 또한 증명되었고, 입자가 작을수록 높은 감도를 보이지만 방해

막기 위해 결정 특성도 고려되어야 함을 알 수 있다.

[0070] 이상 첨부된 도면들을 참조하여 본 발명의 실시예 들을 설명하였지만, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자는 본 발명이 그 기술적 사상이나 필수적인 특징을 변경하지 않고서 다른 구체적인 형태로 실시 될 수 있다는 것을 이해할 수 있을 것이다.

[0071] 따라서, 이상에서 기술한 실시예 들은 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 발명의 범주를 완전하게 알려주기 위해 제공되는 것임으로, 모든 면에서 예시적인 것이며 한정적이 아닌 것으로 이해해야만 하며, 본 발명은 청구항의 범주에 의해 정의될 뿐이다.

부호의 설명

[0072] 100 : 표면탄성파(SAW) 수소센서 110 : 표면탄성파(SAW) 소자

111 : 실리콘(Si) 기판 112 : 질화알루미늄(AlN) 박막

113 : 입력 IDT 전극 114 : 출력 IDT 전극

115 : 전극 가지 120 : 나노입자 검출층

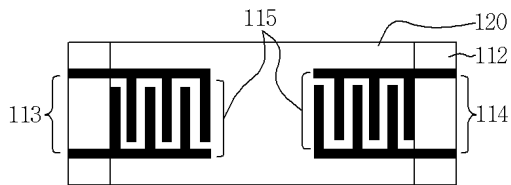
121 : 백금(Pt) 박막 122 : 산화아연(ZnO) 박막

d : 전극 가지 간격

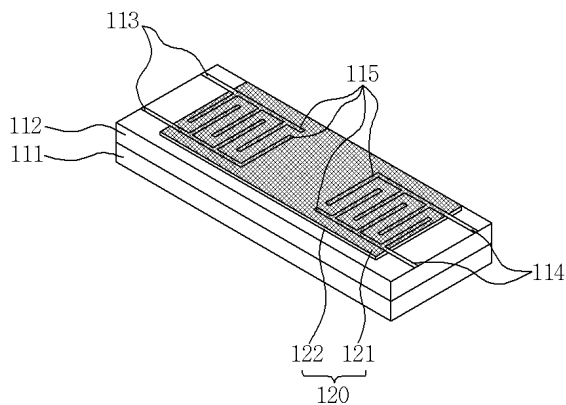
도면

도면1

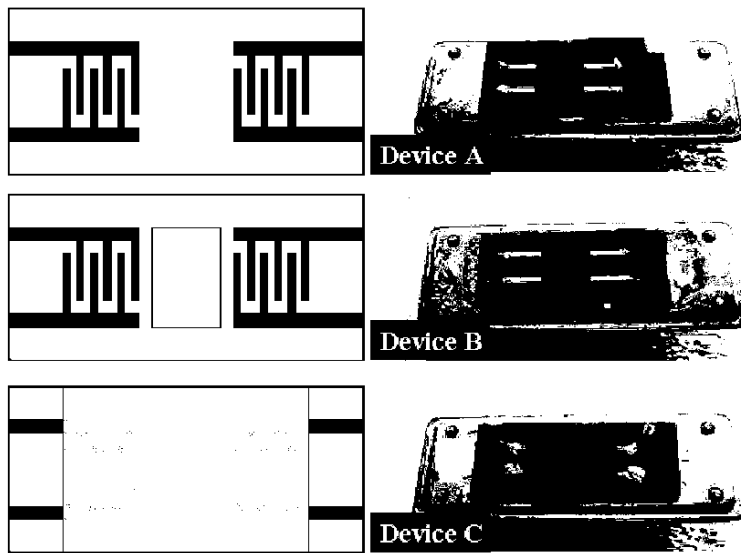
(a)



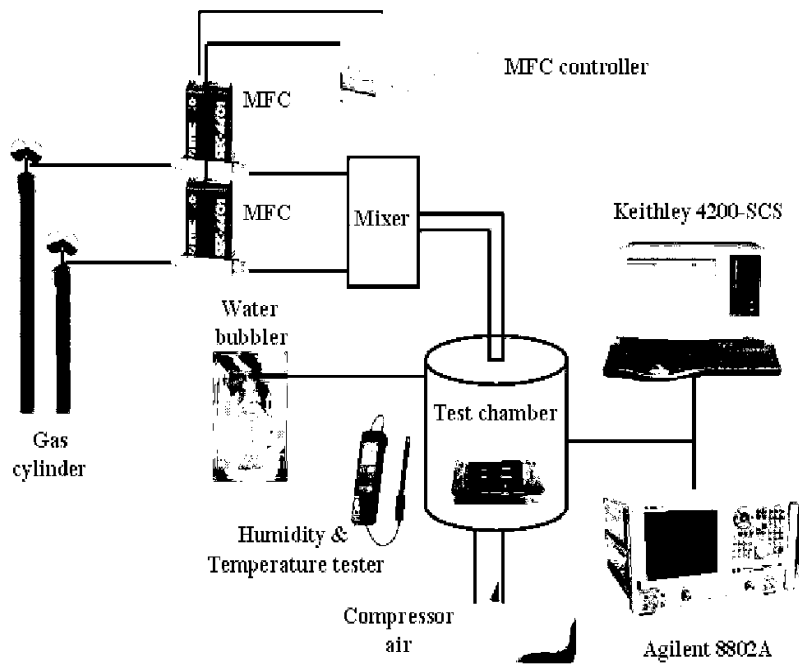
(b)



도면2

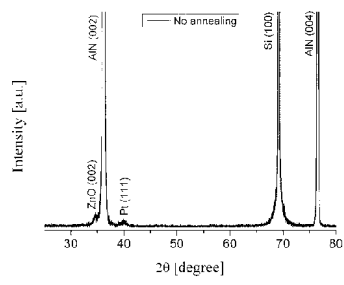


도면3

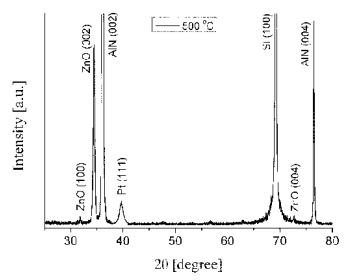


도면4

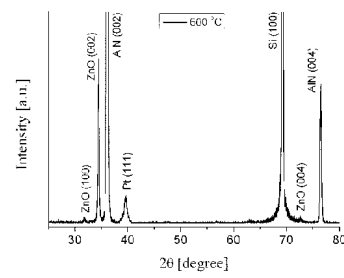
(a)



(b)

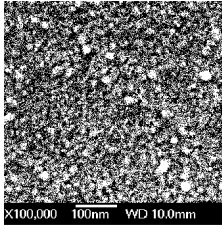


(c)

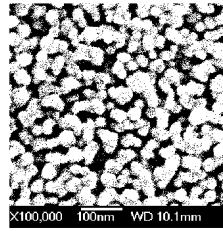


도면5

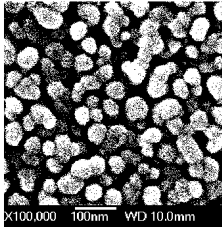
(a)



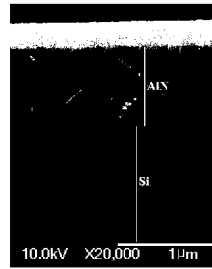
(b)



(c)

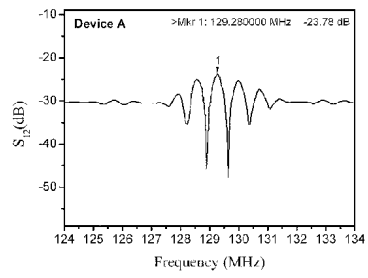


(d)

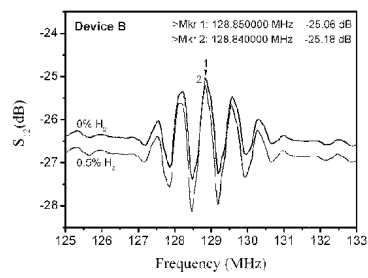


도면6

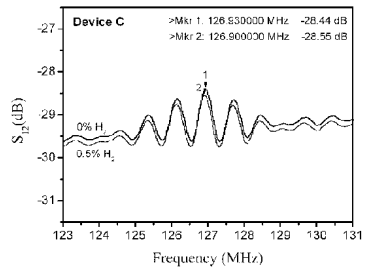
(a)



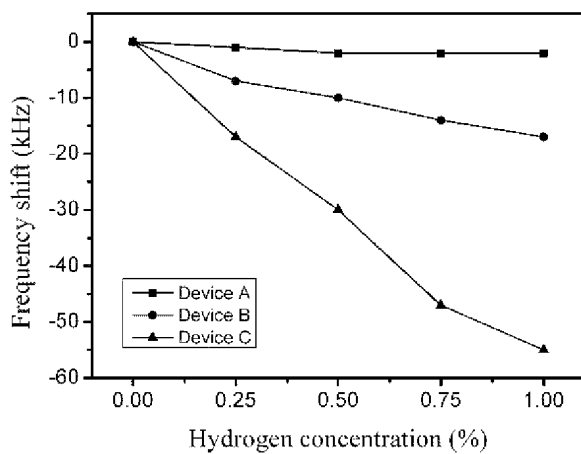
(b)



(c)

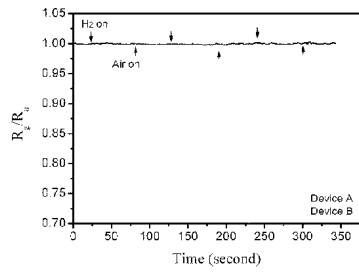


도면7

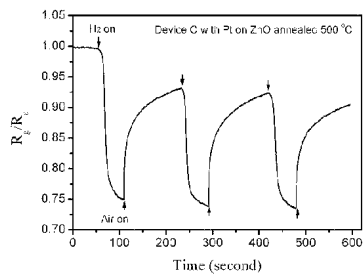


도면8

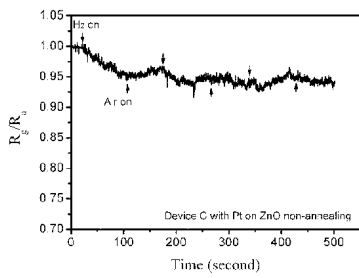
(a)



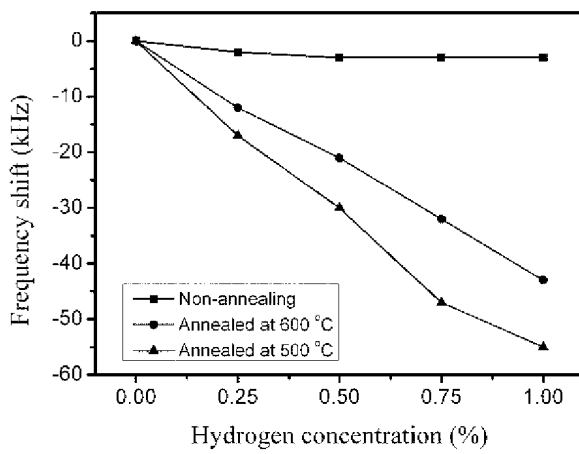
(b)



(c)



도면9



도면10

