

(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2022-0157914

(43) 공개일자 2022년11월29일

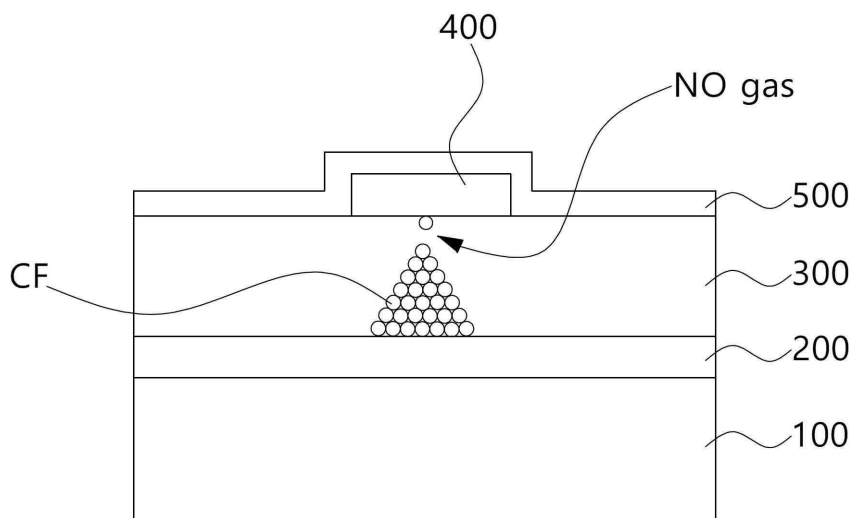
(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
**G01N 27/12** (2006.01) **G01N 33/00** (2006.01)  
 (52) CPC특허분류  
**G01N 27/125** (2013.01)  
**G01N 27/129** (2013.01)  
 (21) 출원번호 10-2022-0062210  
 (22) 출원일자 2022년05월20일  
 심사청구일자 2022년05월20일  
 (30) 우선권주장  
 1020210065384 2021년05월21일 대한민국(KR)

(71) 출원인  
**세종대학교산학협력단**  
 서울특별시 광진구 능동로 209 (군자동, 세종대학교)  
 (72) 발명자  
**김희동**  
 서울시 노원구 공릉로 126, 두산힐스빌아파트 10  
 2동 2104호  
**이두원**  
 경기도 수원시 권선구 호매실로 166번길 33, 180  
 6동 2103호  
**정진수**  
 서울시 송파구 백제고분로32길 3-12 4층  
 (74) 대리인  
**특허법인이상**

전체 청구항 수 : 총 17 항

(54) 발명의 명칭 **저농도 산화질소 가스 검출가능한 개시스터****(57) 요약**

개시스터(gasistor)를 제공한다. 상기 개시스터는 제1 전극, 제2 전극, 및 상기 제1 전극과 상기 제2 전극 사이에 위치하는 질화지르코늄막을 포함한다. 상기 질화지르코늄막은  $ZrN_x$  막으로  $x$ 는 1보다 크다. 상기 개시스터는 상기 질화지르코늄막 내에 상기 제1 전극과 상기 제2 전극을 전기적으로 연결하는 질소공공 필라멘트를 생성하여 저저항 상태로 변화된 상태에서 산화질소를 검출할 수 있다. 상기 개시스터는 산화질소에 노출되면 상기 제1 전극과 상기 제2 전극 사이에 흐르는 전류가 감소할 수 있다. 구체적으로, 상기 전류의 감소는 상기 질소공공 필라멘트의 적어도 일부가 산화질소와 반응하여 끊기거나 폭이 좁아짐에 기인할 수 있다.

**대표도** - 도3

(52) CPC특허분류

**G01N 33/0037** (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

|             |                                        |
|-------------|----------------------------------------|
| 과제고유번호      | 1711117730                             |
| 과제번호        | 2020R1F1A1048423(20200813)             |
| 부처명         | 과학기술정보통신부                              |
| 과제관리(전문)기관명 | 한국연구재단                                 |
| 연구사업명       | 이공학개인지초연구지원                            |
| 연구과제명       | Gasistor 기반의 재사용 가능한 다종가스 센서 어레이 소자 연구 |
| 기 여 율       | 1/1                                    |
| 과제수행기관명     | 세종대학교 산학협력단                            |
| 연구기간        | 2020.06.01 ~ 2023.02.28                |

---

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

제1 전극;

제2 전극; 및

상기 제1 전극과 상기 제2 전극 사이에 위치하는 질화지르코늄막을 포함하고,  
상기 질화지르코늄막은  $ZrN_x$  막으로  $x$ 는 1보다 큰, 산화질소 검출용 개시스터.

#### 청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기  $ZrN_x$  막에서  $x$ 는 2 이하인, 산화질소 검출용 개시스터.

#### 청구항 3

청구항 1에 있어서,

상기 개시스터는 상기 질화지르코늄막 내에 상기 제1 전극과 상기 제2 전극을 전기적으로 연결하는 질소공공 필라멘트를 생성하여 저저항 상태로 변화된 상태에서 산화질소를 검출하는, 산화질소 검출용 개시스터.

#### 청구항 4

청구항 3에 있어서,

상기 개시스터는 산화질소에 노출되면 상기 제1 전극과 상기 제2 전극 사이에 흐르는 전류가 감소하는, 산화질소 검출용 개시스터.

#### 청구항 5

청구항 4에 있어서,

상기 전류의 감소는 상기 질소공공 필라멘트의 적어도 일부가 산화질소와 반응하여 끊기거나 폭이 좁아짐에 기인하는, 산화질소 검출용 개시스터.

#### 청구항 6

청구항 5에 있어서,

상기 개시스터는 상기 제1 전극과 상기 제2 전극에 셋전압을 인가하여 상기 끊기거나 폭이 좁아진 질소공공 필라멘트를 재생하는, 산화질소 검출용 개시스터.

#### 청구항 7

청구항 1에 있어서,

상기 질화지르코늄막을 덮는 산화질소 투과막을 더 포함하는, 산화질소 검출용 개시스터.

#### 청구항 8

청구항 7에 있어서,

상기 산화질소 투과막은 아민기를 갖는 박막인, 산화질소 검출용 개시스터.

#### 청구항 9

청구항 1에 있어서,

상기 산화질소는 일산화질소인, 산화질소 검출용 개시스터.

#### 청구항 10

제1 전극, 제2 전극, 및 상기 제1 전극과 상기 제2 전극 사이에 위치하는 질화지르코늄막을 포함하고, 상기 질화지르코늄막은  $ZrN_x$  막으로  $x$ 는 1보다 큰 개시스터를 제공하는 단계;

상기 제1 전극과 상기 제2 전극에 전압을 인가하여 상기 질화지르코늄막 내에 상기 제1 전극과 상기 제2 전극을 전기적으로 연결하는 질소공공 필라멘트를 생성하여, 상기 개시스터를 저저항 상태로 변화시키는 단계;

상기 저저항 상태로 변화된 개시스터를 산화질소를 함유하는 가스에 노출시킨 후 상기 제1 전극과 상기 제2 전극 사이에 흐르는 전류 또는 저항을 측정하는 단계를 포함하는, 산화질소 검출방법.

#### 청구항 11

청구항 10에 있어서,

상기  $ZrN_x$  막에서  $x$ 는 2 이하인, 산화질소 검출방법.

#### 청구항 12

청구항 10에 있어서,

상기 개시스터는 산화질소에 노출되면 상기 제1 전극과 상기 제2 전극 사이에 흐르는 전류가 감소하는, 산화질소 검출방법.

#### 청구항 13

청구항 12에 있어서,

상기 전류의 감소는 상기 질소공공 필라멘트의 적어도 일부가 산화질소와 반응하여 끊기거나 폭이 좁아짐에 기인하는, 산화질소 검출방법.

#### 청구항 14

청구항 13에 있어서,

상기 개시스터는 상기 제1 전극과 상기 제2 전극에 셋전압을 인가하여 상기 끊기거나 폭이 좁아진 질소공공 필라멘트를 재생하는, 산화질소 검출방법.

#### 청구항 15

청구항 10에 있어서,

상기 개시스터는 상기 질화지르코늄막을 덮는 산화질소 투과막을 더 포함하는, 산화질소 검출방법.

#### 청구항 16

청구항 15에 있어서,

상기 산화질소 투과막은 아민기를 갖는 박막인, 산화질소 검출방법.

#### 청구항 17

청구항 10에 있어서,

상기 산화질소는 일산화질소인, 산화질소 검출방법.

### 발명의 설명

### 기술 분야

[0001] 본 발명은 센서에 관한 것으로, 구체적으로는 가스 센서에 관한 것이다.

## 배경 기술

[0002] 생활환경, 공장설비 등에서 다양한 종류의 가스를 정량하는 가스 센서가 다수 사용되고 있다. 또한, 사람의 날숨의 NO(일산화질소)의 농도에 따라 염증매개체, 면역 반응, 신경전달 등의 다양한 생체기능과도 연관성을 가지고 있는데, 특히 천식 또는 만성폐쇄성 질환과 같은 기관지 염증 관련 환자들의 날숨에 NO의 농도는 일반인보다 높은 농도로 발현된다고 알려져 있다 (정상: 5 ~ 25 ppb, 위험: 25 ~ 50 ppb, 중증이상 >50ppb).

[0003] 종래의 센서들에서 여러 가지 이슈들이 있지만 가장 민감한 이슈는 저농도 NO 가스 상에서 높은 민감도를 가지는 센서를 개발하는 것이다. 반도체식 NO 가스 센서의 경우 저농도 NO 가스의 민감도를 올리기 위해서 나노구조체를 적용하거나 고온에서 가스를 검출하고 있으나, 민감도를 개선하더라도 두드러지게 개선되지 않으며 제작공정이 복잡해지거나 동작온도가 올라감으로 인해 소비전력이 증가하는 등의 부수적인 단점이 발생한다.

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

[0004] 따라서, 본 발명이 해결하고자 하는 과제는, 저온에서도 NOx 가스의 민감도가 향상된 가스 센서를 제공함에 있다.

[0005] 본 발명의 기술적 과제들은 이상에서 언급한 기술적 과제로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 기술적 과제들은 아래의 기재로부터 당업자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

### 과제의 해결 수단

[0006] 상기 과제를 이루기 위하여 본 발명의 일 측면은 개시스터(gasistor)를 제공한다. 상기 개시스터는 제1 전극, 제2 전극, 및 상기 제1 전극과 상기 제2 전극 사이에 위치하는 질화지르코늄막을 포함한다. 상기 질화지르코늄막은  $ZrN_x$  막으로 x는 1보다 크다.

[0007] 상기  $ZrN_x$  막에서 x는 2 이하일 수 있다.

[0008] 상기 개시스터는 상기 질화지르코늄막 내에 상기 제1 전극과 상기 제2 전극을 전기적으로 연결하는 질소공공 필라멘트를 생성하여 저저항 상태로 변화된 상태에서 산화질소를 검출할 수 있다. 상기 개시스터는 산화질소에 노출되면 상기 제1 전극과 상기 제2 전극 사이에 흐르는 전류가 감소할 수 있다. 구체적으로, 상기 전류의 감소는 상기 질소공공 필라멘트의 적어도 일부가 산화질소와 반응하여 끊기거나 폭이 좁아짐에 기인할 수 있다. 상기 개시스터는 상기 제1 전극과 상기 제2 전극에 셋전압을 인가하여 상기 끊기거나 폭이 좁아진 질소공공 필라멘트를 재생할 수 있다.

[0009] 상기 질화지르코늄막을 덮는 산화질소 투과막을 더 포함할 수 있다. 상기 산화질소 투과막은 아민기를 갖는 박막일 수 있다.

[0010] 상기 산화질소는 일산화질소일 수 있다.

[0012] 상기 과제를 이루기 위하여 본 발명의 다른 측면은 산화질소 검출방법을 제공한다. 먼저, 제1 전극, 제2 전극, 및 상기 제1 전극과 상기 제2 전극 사이에 위치하는 질화지르코늄막을 포함하고, 상기 질화지르코늄막은  $ZrN_x$  막으로 x는 1보다 큰 개시스터를 제공할 수 있다. 상기 제1 전극과 상기 제2 전극에 전압을 인가하여 상기 질화지르코늄막 내에 상기 제1 전극과 상기 제2 전극을 전기적으로 연결하는 질소공공 필라멘트를 생성하여, 상기 개시스터를 저저항 상태로 변화시킬 수 있다. 상기 저저항 상태로 변화된 개시스터를 산화질소를 함유하는 가스에 노출시킨 후 상기 제1 전극과 상기 제2 전극 사이에 흐르는 전류 또는 저항을 측정할 수 있다.

## 발명의 효과

[0013] 본 발명에 따르면, 낮은 농도의 산화질소를 검출할 수 있는 민감도가 향상된 가스센서가 제공된다.

[0014] 그러나, 본 발명의 효과들은 이상에서 언급한 효과로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 효과들은 아래의

기재로부터 당업자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

### 도면의 간단한 설명

[0015] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른  $ZrN_x$  기반의 개시스터를 나타낸 단면도이다.

도 2 및 도 3은 도 1을 참조하여 설명한 개시스터의 동작방법을 나타낸 개략도들이다.

도 4는 개시스터 제조에 1에 따라 얻어진 개시스터를 나타낸 개략도와 SEM 사진들이다.

도 5는 개시스터 제조에 1에 따라 얻어진 개시스터를 동작시키면서 얻어진 전압-전류 그래프이다.

도 6은 개시스터 제조에 1과 개시스터 제조에 2에 따라 각각 얻어진 개시스터들에 10 ppm의 NO 가스를 함유하는 분위기 가스를 공급하였을 때 개시스터에 흐르는 전류를 나타낸 그래프이다.

도 7은 개시스터 제조에 2에 따라 얻어진 개시스터에 서로 다른 종류의 가스를 함유하는 분위기 가스를 공급하였을 때 개시스터에 흐르는 전류를 나타낸 그래프이다.

도 8 및 9는 개시스터 제조에 2에 따라 얻어진 개시스터에 복합가스를 공급하였을 때 개시스터에 흐르는 전류를 나타낸 그래프이다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0016] 이하, 본 발명을 보다 구체적으로 설명하기 위하여 본 발명에 따른 바람직한 실시예를 첨부된 도면을 참조하여 보다 상세하게 설명한다. 그러나, 본 발명은 여기서 설명되어지는 실시예에 한정되지 않고 다른 형태로 구체화될 수도 있다. 도면들에 있어서, 층이 다른 층 또는 기판 "상"에 있다고 언급되어지는 경우에 그것은 다른 층 또는 기판 상에 직접 형성될 수 있거나 또는 그들 사이에 제 3의 층이 개재될 수도 있다.

[0018] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른  $ZrN_x$  기반의 개시스터를 나타낸 단면도이다.

[0019] 도 1을 참조하면, 개시스터(gasistor)는 기판(100) 상에 제1 전극 혹은 하부전극(200)이 배치될 수 있다. 상기 기판(100)은 반도체 기판, 유리 기판, 혹은 플라스틱 기판일 수 있다.

[0020] 상기 제1 전극(200)은 도핑된 Si, W, Pt, 또는 TiN 막일 수 있다.

[0021] 상기 제1 전극(200) 상에 질화지르코늄막(300)이 배치될 수 있다. 상기 질화지르코늄막(300)은  $ZrN_x$  막으로 여기서 x는 1보다 클 수 있다. 다시 말해서, 상기 질화지르코늄막(300)은 지르코늄 대비 질소의 원자비가 1을 초과할 수 있다. 일 예에서, 상기  $ZrN_x$  막에서 x는 2 이하일 수 있다. 일 구체예에서, 상기 질화지르코늄막(300)은  $ZrN_2$ 막 혹은  $Zr_3N_4$ 막일 수 있다.

[0022] 상기 질화지르코늄막(300)은 기상증착, 일 예로 물리기상증착 (Physical vapor deposition, PVD) 구체적으로는 스퍼터링법을 사용하여 형성할 수 있다. 일 예에서, 상기 질화지르코늄막(300)과 동일한 조성의 스퍼터타겟을 사용하고 Ar 등의 불활성기체 분위기에서 스퍼터링을 수행할 수 있다. 다른 예에서, 지르코늄막을 스퍼터타겟으로 사용하고 불활성기체 분위기 내에 질소기체( $N_2$ )의 함량을 조절하여 스퍼터링을 수행할 수 있다. 구체예에서,  $ZrN_2$ 막은 스퍼터 타겟은 Zr이며, Ar/ $N_2$ 의 비율은 4:1에서 형성된 박막일 수 있다.

[0023] 상기 질화지르코늄막(300)은 증착한 후 열처리 온도는 400 내지 500 °C에서 30초 ~ 1분동안 열처리한 박막일 수 있다. 상기 질화지르코늄막(300)은 10 내지 50 nm 일 예로서, 17 nm 내지 35 nm의 두께를 가지고 있을 수 있다.

[0024] 상기 질화지르코늄막(300)의 일부분 상에 제2 전극 혹은 상부 전극(400)이 배치될 수 있다. 상기 제2 전극(400)의 주위로 상기 질화지르코늄막(300)이 노출될 수 있다. 상기 제2 전극(400)은 Pt, Ti 또는 TiN 막일 수 있다.

[0025] 여기서, 상기 제2 전극(400)과 제1 전극(200)은 상기 질화지르코늄막(300)과 화학반응하지 않는 물질로 이루어진 전극일 수 있다.

[0026] 상기 제2 전극(400) 상에 상기 질화지르코늄막(300)을 덮는 산화질소 투과막(500)이 배치될 수 있다. 상기 산화질소 투과막(500)은 외부의 가스 중 산화질소 가스를 선택적으로 투과시키는 박막일 수 있다. 상기 산화질소

투과막(500)은 다공성막 혹은 자기조립 단분자막일 수 있다. 또한, 상기 산화질소 투과막(500)은 아민기를 갖는 막일 수 있다. 구체적으로, 상기 산화질소 투과막(500)은 아민기를 갖는 단분자가 상기 질화지르코늄막(300) 상에 자기조립된 자기조립 단분자막일 수 있다. 아민기는 C1 내지 C3의 알킬렌다이아민기 일 예로서, 에틸렌다이아민기일 수 있다. 상기 아민기는 산화질소의 흡착(adsorption) 사이트가 될 수 있고, 이에 따라 산화질소 투과막(500)은 외부의 가스 중 산화질소 가스만을 선택적으로 흡착 및 투과시켜 상기 질화지르코늄막(300)에 제공할 수 있다. 상기 아민기를 갖는 단분자는 N-[3-(Trimethoxysilyl) propyl]ethylenediamine (en-APTAS)일 수 있다.

[0028] 도 2 및 도 3은 도 1을 참조하여 설명한 개시스터의 동작방법을 나타낸 개략도들이다.

[0029] 도 2를 참조하면, 제1 전극(200)과 제2 전극(400)에 소정의 전압 일 예로서, 포밍전압 혹은 셋전압을 인가하여, 상기 질화지르코늄막(300) 내에 전도성 필라멘트(CF)를 형성하여, 개시스터를 셋 상태로 만들 수 있다. 그 결과, 상기 개시스터는 고저항 상태(HRS)로부터 저저항 상태(LRS)로 변화될 수 있다. 상기 포밍전압은 소자 제조 후 최초로 전도성 필라멘트(CF)를 생성하는 전압을 의미하며, 상기 셋 전압은 끊긴 전도성 필라멘트(CF)를 재생하는 전압을 의미할 수 있다.

[0030] 이 때, 상기 전도성 필라멘트(CF)는 질소공공 필라멘트일 수 있다. 상기 상기 질화지르코늄막(300)은 지르코늄 대비 질소의 원자비가 1을 초과하는 막으로, N을 높은 비율로 함유할 수 있다. 그 결과, 제1 전극(200)과 제2 전극(400) 사이에 전압을 인가하였을 때, 얻어지는 질소공공의 밀도가 상대적으로 높을 수 있다. 그 결과, 상기 전도성 필라멘트(CF)가 용이하게 생성될 수 있음에 따라, 저저항 상태(LRS)에서 제1 전극(200)과 제2 전극(400) 사이에 큰 전류가 흐를 수 있다.

[0031] 도 3을 참조하면, 저저항 상태(LRS) 즉, 상기 전도성 필라멘트(CF)를 갖는 개시스터를 산화질소를 함유하는 가스 분위기에 노출시킬 수 있다. 이 때, 가스 분위기 중 산화질소 가스는 산화질소 투과막(500)을 선택적으로 투과하여 상기 전도성 필라멘트(CF)를 갖는 질화지르코늄막(300)에 접촉할 수 있다. 그 결과, 상기 전도성 필라멘트(CF)는 상기 산화질소 가스와 반응하여 일부에서 끊김이 발생하거나 혹은 폭이 좁아질 수 있다(고저항 상태, HRS). 이는 제1 전극(200)과 제2 전극(400) 사이에 흐르는 전류값의 변화 즉, 전류값의 감소로 나타날 수 있다. 따라서, 산화질소 가스를 센싱할 수 있다.

[0032] 또한 앞서 설명한 바와 같이, 상기 전도성 필라멘트(CF)가 형성된 저저항 상태(LRS)의 질화지르코늄막(300)은 질소공공의 밀도가 높아, 비교적 큰 전류를 흘릴 수 있었으므로, 산화질소 가스에 의한 상기 전도성 필라멘트(CF)의 끊김 혹은 폭이 좁아지는 경우 발생하는 전류값의 변화가 더 클 수 있다. 이에 따라, 본 발명의 일 실시예에 따른 개시스터의 산화질소 가스에 대한 민감도가 커질 수 있다.

[0033] 이 후, 셋 전압을 상기 제1 전극(200)과 상기 제2 전극(400)에 인가하면, 상기 전도성 필라멘트(CF)는 다시 생성될 수 있다. 이 과정에서 상기 전도성 필라멘트(CF)와 반응했던 산화질소 가스는 외부로 방출될 수 있다. 필요에 따라, 상기 제1 전극(200)과 상기 제2 전극(400) 사이에 상기 셋 전압과 반대방향의 전압 즉, 리셋 전압을 인가하여 상기 전도성 필라멘트(CF)를 끊어 고저항 상태로 바꿀 수도 있다.

[0034] 상기 실시예들에서 상기 산화질소는 NOx 일 예로서, 일산화질소일 수 있다.

[0036] 이하, 본 발명의 이해를 돕기 위하여 바람직한 실험예(example)를 제시한다. 다만, 하기의 실험예는 본 발명의 이해를 돕기 위한 것일 뿐, 본 발명이 하기의 실험예에 의해 한정되는 것은 아니다.

#### [0038] 개시스터 제조예 1

[0039] 실리콘 기판 상에 제1 전극으로서 100 nm의 Pt막을 형성한 후, 상기 Pt막 상에 스퍼터링법을 사용하여 ZrN<sub>2</sub>막을 35 nm로 형성하였다(타겟: Zr, 증착 압력: 20 mTorr, Ar/N<sub>2</sub> 비율: 2:8). 상기 ZrN<sub>2</sub>막 상에 20nm 두께의 Ti 패틴을 제2 전극으로 형성하였다. N-[3-(Trimethoxysilyl) propyl]ethylenediamine (en-APTAS) 용액(97%)과 에탄올을 혼합하여, en-APTAS가 1wt%의 농도를 갖는 혼합용액을 형성한 후, Ti 패틴이 형성된 소자를 상기 혼합용액 내에 10분간 침지시켜 산화질소 투과막을 형성하였다.

[0041] 개시스터 제조예 2

[0042] Pt막 상에 스퍼터링법을 사용하되, 챔버 내 Ar/N<sub>2</sub> 비율을 5:5로 하여 Zr<sub>3</sub>N<sub>4</sub>막을 형성한 것을 제외하고는 개시스터 제조예 1과 동일한 방법을 사용하여 개시스터를 형성하였다.

[0044] 도 4는 개시스터 제조예 1에 따라 얻어진 개시스터를 나타낸 개략도와 SEM 사진들이다. 다만, 산화질소 투과막은 형성하기 전 상태를 도시하였다.

[0045] 도 4를 참조하면, ZrNx는 35nm로 형성되고 Zr:N의 몰비는 33:66 즉, 1:2인 것을 알 수 있다.

[0047] 도 5는 개시스터 제조예 1에 따라 얻어진 개시스터를 동작시키면서 얻어진 전압-전류 그래프이다.

[0048] 도 5를 참조하면, 전도성 필라멘트가 형성되지 않은 High resistance status(HRS)에서 8.7 V의 전압이 가해지면 전극들 사이에 질소 공공 기반의 전도성 필라멘트가 형성되어 Low resistance status(LRS) 상태로 변환 것을 보여준다. LRS 상태에서 산화질소 가스와 전도성 필라멘트가 반응할 경우 전기 전도도가 감소해 다시 HRS 상태로 올 수 있다. LRS 상태는 가스 센싱을 하기 위한 상태, HRS를 가스 센싱을 하고 난뒤의 상태라고 보았을 때 본 발명에서의 소자는 이론적으로 200 %의 민감도를 보여줄 수 있다.

[0049] 이 후, -4.5V의 전압을 인가하여 전도성 필라멘트 중 적어도 일부를 제거하여 소자를 리셋할 수 있다. 이 경우, 가스 센싱시 흡수되었던 산화질소 가스를 외부로 방출시킬 수 있다.

[0051] NO 가스 센싱 실험예

[0052] 개시스터 제조예 1 또는 개시스터 제조예 2에 따라 얻어진 개시스터를 포밍하여 개시스터의 질화지르코늄 층 내에 질소공공 필라멘트를 생성한 후, 셋 전압을 인가하여 개시스터를 Low resistance status(LRS)에 두었다. 상기 Low resistance status(LRS)에 있는 개시스터를 챔버 내에 두고 챔버 내에 NO 가스를 포함하는 분위기 가스를 공급하여 제2 전극과 제1 전극 사이에 흐르는 전류를 관찰하였다. 이 때, 분위기 가스의 베이스 가스는 N<sub>2</sub>였다.

[0053] 개시스터의 가스 센싱 민감도는 하기 수학적식으로 계산하였다.

[0054] [수학적식 1]

[0055] 민감도(S) =  $R_{gas} / R_{air}$

[0056] 상기 수학적식 1에서,  $R_{gas}$ 는 LRS 상태의 개시스터가 목표 가스를 함유하는 분위기 가스에 노출되었을 때 개시스터의 전극들 구체적으로 제1 및 제2 전극들 사이의 저항이고,  $R_{air}$ 는 LRS 상태의 개시스터가 공기에 노출되었을 때 개시스터의 전극들 구체적으로 제1 및 제2 전극들 사이의 저항이다.

[0058] 도 6은 개시스터 제조예 1과 개시스터 제조예 2에 따라 각각 얻어진 개시스터들에 10 ppm의 NO 가스를 함유하는 분위기 가스를 공급하였을 때 개시스터에 흐르는 전류를 나타낸 그래프이다.

[0059] 도 6을 참조하면, 상기 전극들 사이에 ZrN<sub>2</sub>막을 포함하는 개시스터(개시스터 제조예 1)는 가스 주입 후 약 1600초가 경과하였을 때 전류의 감소 즉, 저항의 증가를 나타내고, 상기 전극들 사이에 Zr<sub>3</sub>N<sub>4</sub>막을 포함하는 개시스터(개시스터 제조예 2)는 가스 주입 후 약 1800초가 경과하였을 때 전류의 감소 즉, 저항의 증가를 나타내어, 상기 전극들 사이에 ZrN<sub>2</sub>막을 포함하는 개시스터(개시스터 제조예 1)가 NO 가스에 더 민감하게 반응하는 것을 알 수 있다.

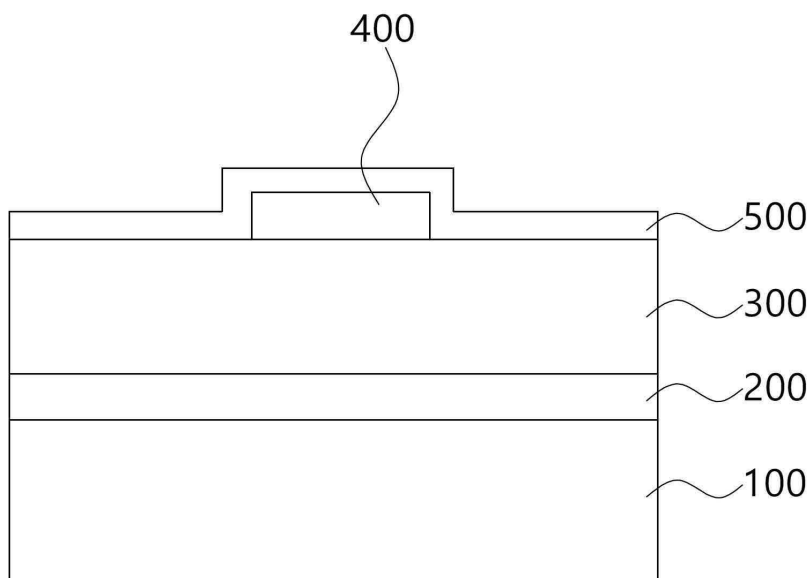
[0060] 가스 주입 전 대비 가스 주입 후 전류비 즉, 저항비인 민감도 역시 상기 전극들 사이에 ZrN<sub>2</sub>막을 포함하는 개시스터(개시스터 제조예 1)가 상기 1 전극들 사이에 Zr<sub>3</sub>N<sub>4</sub>막을 포함하는 개시스터(개시스터 제조예 2) 대비 더 우

수한 것을 알 수 있다.

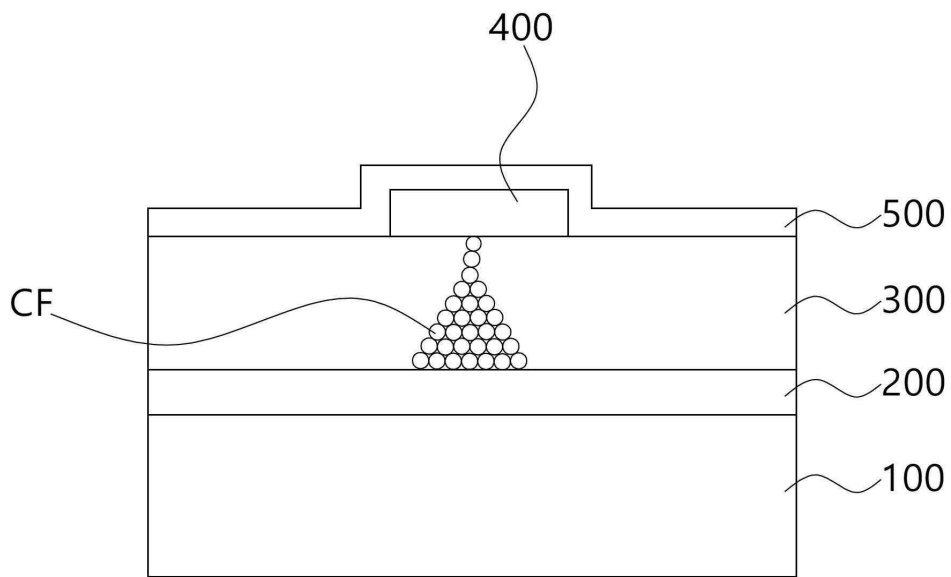
- [0062] 도 7은 개시스터 제조예 2에 따라 얻어진 개시스터에 서로 다른 종류의 가스를 함유하는 분위기 가스를 공급하였을 때 개시스터에 흐르는 전류를 나타낸 그래프이다.
- [0063] 도 7을 참조하면, 개시스터 제조예 2에 따라 얻어진 개시스터는  $O_2$ ,  $C_2H_6$  가스에는 반응하지 않으나, NO 가스에 반응하는 것을 알 수 있다. 이로부터, 개시스터 제조예 2에 따라 얻어진 개시스터는 NO 가스에 선택적으로 반응하는 것을 알 수 있다.
- [0065] 도 8 및 9는 개시스터 제조예 2에 따라 얻어진 개시스터에 복합가스를 공급하였을 때 개시스터에 흐르는 전류를 나타낸 그래프이다. 구체적으로, 도 8은 분위기 가스 내 NO 가스의 농도를 10 ppm으로 고정하고  $O_2$  가스 농도를 0, 10, 및 40 ppm으로 변화시키면서 전류변화값을 관찰한 결과이고, 도 9는 분위기 가스 내 NO 가스의 농도를 10 ppm으로 고정하고  $C_2H_6$  가스 농도를 0, 10, 및 40 ppm으로 변화시키면서 전류변화값을 관찰한 결과이다.
- [0066] 도 8 및 도 9를 참조하면,  $O_2$  가스 또는  $C_2H_6$  가스의 농도가 증가하여도 전류 값의 변화가 관찰되지 않고 거의 일정하고 이에 따라 민감도도 크게 변화하지 않았다. 이는 NO 가스의 농도가 일정한 것에 기인하는 것으로 판단되었다. 이로부터, 제조예에 따른 개시스터는 NO 가스에 대해서만 선택적으로 센싱하는 것을 알 수 있다.
- [0068] 이상, 본 발명을 바람직한 실시예를 들어 상세하게 설명하였으나, 본 발명은 상기 실시예에 한정되지 않고, 본 발명의 기술적 사상 및 범위 내에서 당 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의하여 여러가지 변형 및 변경이 가능하다.

## 도면

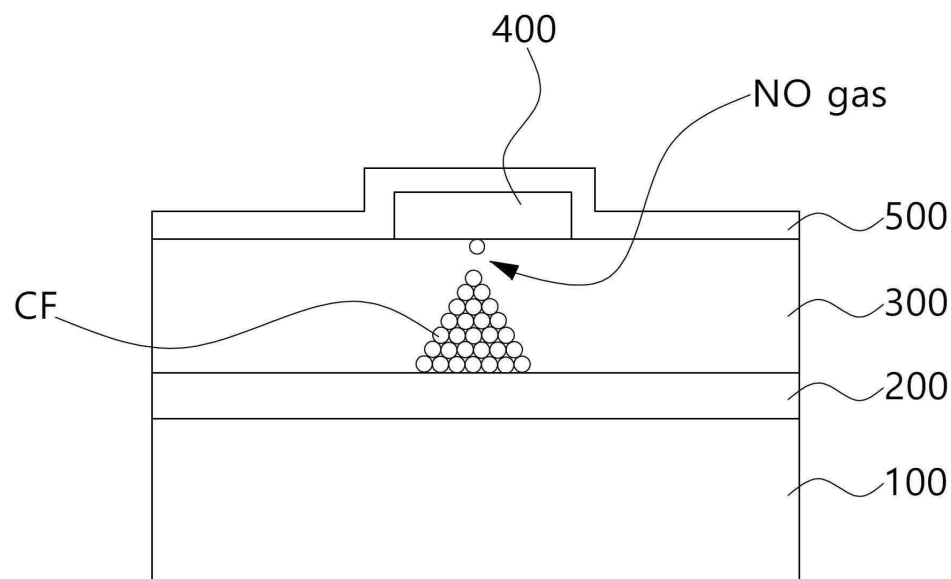
### 도면1



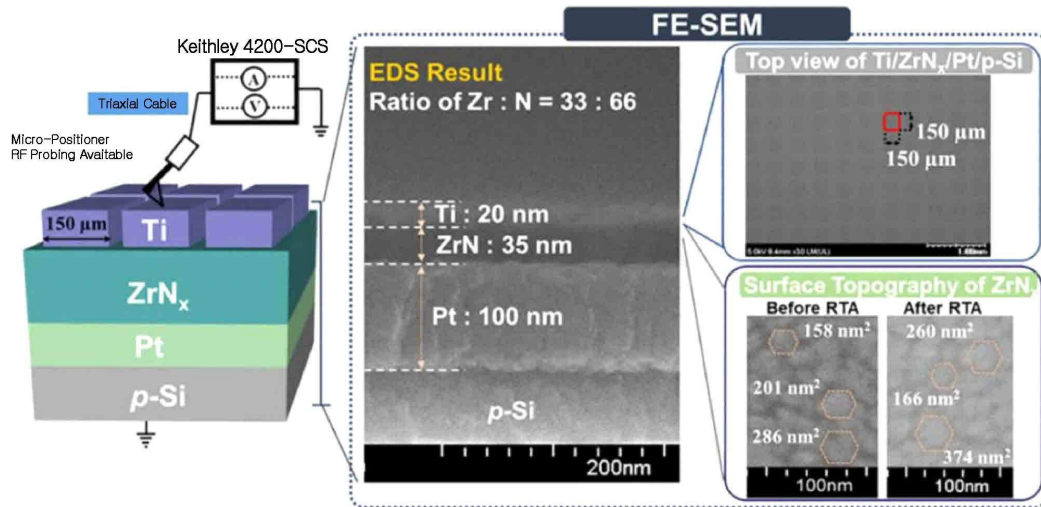
도면2



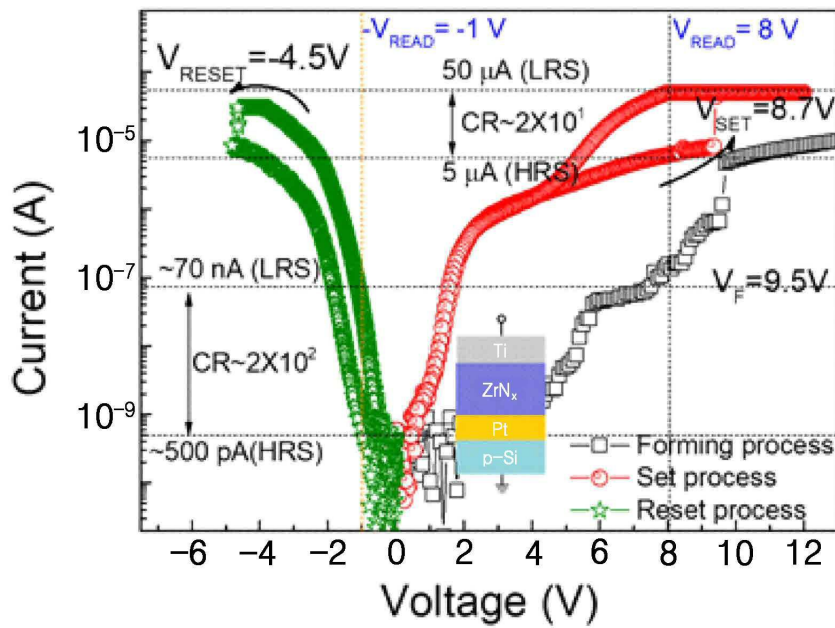
도면3



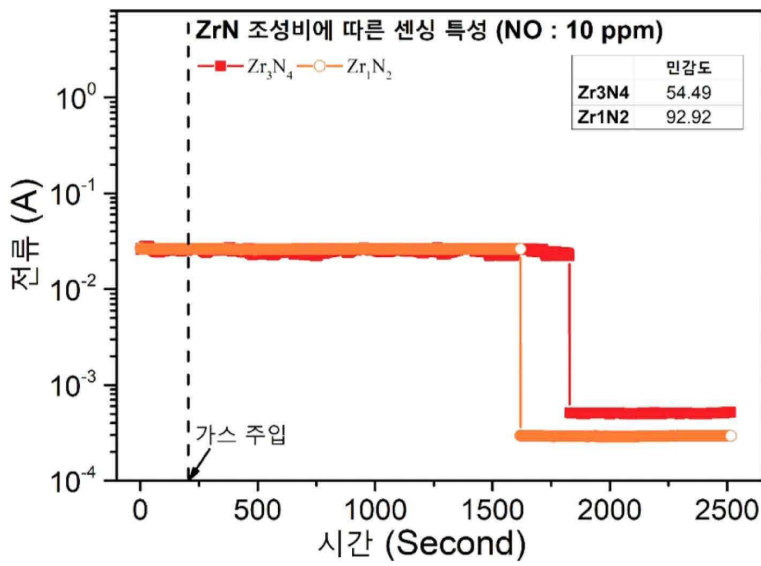
도면4



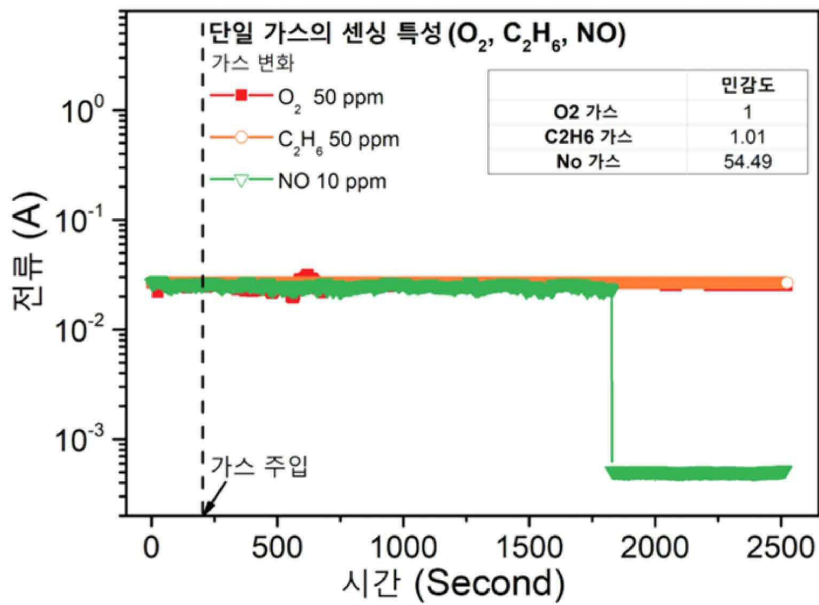
도면5



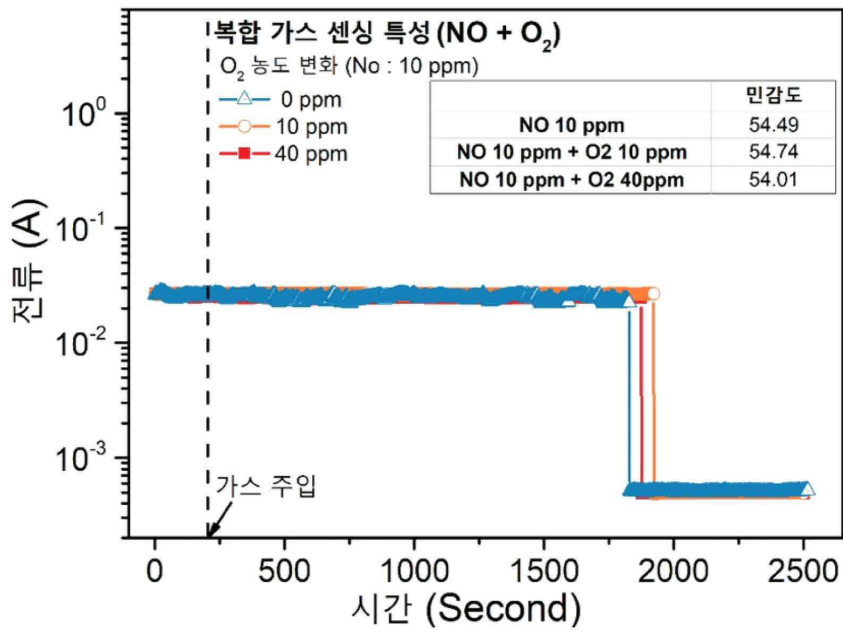
도면6



도면7



도면8



도면9

