



등록특허 10-2189938



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2020년12월11일

(11) 등록번호 10-2189938

(24) 등록일자 2020년12월04일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

H01B 5/12 (2006.01) C23C 14/20 (2006.01)

C23C 14/34 (2006.01) H01B 1/02 (2006.01)

H01B 3/30 (2006.01)

(52) CPC특허분류

H01B 5/12 (2013.01)

C23C 14/205 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2019-0057582

(22) 출원일자 2019년05월16일

심사청구일자 2019년05월16일

(65) 공개번호 10-2020-0132292

(43) 공개일자 2020년11월25일

(56) 선행기술조사문헌

EP03462462 A1\*

JP2006049327 A\*

US20180289946 A1\*

\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

연세대학교 산학협력단

서울특별시 서대문구 연세로 50 (신촌동, 연세대학교)

(72) 발명자

박장웅

서울특별시 마포구 마포대로 33

지상윤

충청북도 충주시 충열2길 17

김건국

서울특별시 서대문구 연희로10가길 37

(74) 대리인

김권석

전체 청구항 수 : 총 8 항

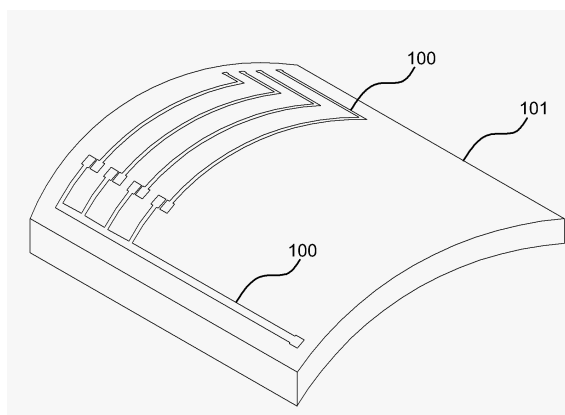
심사관 : 이별섭

(54) 발명의 명칭 신축성 전극, 이의 제조 방법 및 이를 포함하는 플렉시블 전자 소자

## (57) 요약

본 발명은 신축성 전극, 이의 제조 방법 및 이를 포함하는 플렉시블 전자 소자에 관한 것이다. 본 발명의 일 실시예에 따른 신축성 전극은 갈륨(Ga) 및 귀금속(noble metal) 사이의 합금이 포함될 수 있으며, 상기 합금은 고체 상(phase)과 액체 상(phase)이 공존하는 이상성(biphasic)을 가질 수 있다.

## 대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

**C23C 14/3464** (2013.01)

**H01B 1/02** (2013.01)

**H01B 3/30** (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711071602(2018M3A9F1021649)
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	바이오. 의료기술개발(R&D)
연구과제명	바이오의료기술개발사업, 질병 진단용 모바일 스마트 콘택트렌즈 기술 개발과제
기 여 율	1/1
과제수행기관명	연세대학교
연구기간	2018.04.01 ~ 2018.12.31

---

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

신축성 전극에 있어서,

갈륨(Ga)과 금(Au)의 합금(이하, 제 1 합금)을 스퍼터링용 타겟으로 사용하는 스퍼터링 방식으로 형성된 갈륨(Ga)과 금(Au)의 합금(이하, 제 2 합금)을 포함하며,

상기 제 2 합금은 연속된 층 구조를 이루는 합금 박막을 구성하고,

상기 제 2 합금은 고체 상(phase)과 액체 상(phase)이 공존하는 이상성(biphasic)을 가지며,

상기 제 2 합금에서 상기 금(Au)의 상기 갈륨(Ga)에 대한 몰비는 1/9 내지 3/7의 범위 내이고,

상기 제 2 합금의 초기면저항은  $0.9 \text{ } \Omega/\text{sq}$  이하이며,

상기 제 2 합금이 상기 신축성 전극의 길이 방향으로 30 % 인장되었을 때, 상기 제 2 합금의 저항 변화율( $\Delta R/R$ )은 15 % 이하인 신축성 전극.

#### 청구항 2

삭제

#### 청구항 3

삭제

#### 청구항 4

삭제

#### 청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 제 2 합금의 비저항은  $1 \times 10^{-9} \text{ } \Omega\text{m}$  내지  $8 \times 10^{-7} \text{ } \Omega\text{m}$  의 범위 내인 신축성 전극.

#### 청구항 6

삭제

#### 청구항 7

신축성 전극을 구비한 플렉시블 전자 소자에 있어서,

기관; 및

상기 기관 상에 구비된 것으로, 갈륨(Ga)과 금(Au)의 합금(이하, 제 1 합금)을 스퍼터링용 타겟으로 사용하는 스퍼터링 방식으로 형성된 갈륨(Ga)과 금(Au)의 합금(이하, 제 2 합금)을 포함하며,

상기 제 2 합금은 연속된 층 구조를 이루는 합금 박막을 구성하고,

상기 제 2 합금은 고체 상(phase)과 액체 상(phase)이 공존하는 이상성(biphasic)을 가지며,

상기 제 2 합금에서 상기 금(Au)의 상기 갈륨(Ga)에 대한 몰비는 1/9 내지 3/7의 범위 내이고,

상기 제 2 합금의 초기면저항은  $0.9 \text{ } \Omega/\text{sq}$  이하이며,

상기 제 2 합금이 상기 신축성 전극의 길이 방향으로 30 % 인장되었을 때 상기 제 2 합금의 저항 변화율( $\Delta R/R$ )은 15 % 이하인 신축성 전극을 구비한 플렉시블 전자 소자.

## 청구항 8

제 7 항에 있어서,

상기 기판은 실리콘 러버(Silicon rubber), 폴리 우레탄(polyurethane, PU), 폴리이미드(polyimide, PI), 폴리에틸렌테레프탈레이트(polyethyleneterephthalate, PET), PDMS(Polydimethylsiloxane), 폴리에틸렌나프탈레이트(Polyethylene Naphthalate, PEN), 에폭시(Epoxy), 테프론(Teflon) 및 이들의 조합 중 어느 하나로 형성되는 플렉시블 전자 소자.

## 청구항 9

제 7 항에 있어서

상기 신축성 전극이 상기 기판 상에 증착된 플렉시블 전자 소자.

## 청구항 10

신축성 전극의 제조 방법에 있어서,

스퍼터링을 위한 챔버를 준비하는 단계;

갈륨(Ga)과 금(Au)의 합금(이하, 제 1 합금)을 스퍼터링 타겟으로 마련하는 단계; 및

상기 챔버 내에서 상기 제 1 합금을 상기 스퍼터링 타겟으로 사용하는 스퍼터링 증착 방식으로 상기 스퍼터링 타겟으로부터 기판 상에 갈륨(Ga)과 금(Au)의 합금(이하, 제 2 합금)을 형성하는 단계를 포함하며,

상기 제 2 합금은 연속된 층 구조를 이루는 합금 박막을 구성하고,

상기 제 2 합금은 고체 상(phase)과 액체 상(phase)이 공존하는 이상성(biphasic)을 가지며,

상기 제 2 합금에서 상기 금(Au)의 상기 갈륨(Ga)에 대한 몰비는 1/9 내지 3/7의 범위 내이고,

상기 제 2 합금의 초기면저항은  $0.9 \Omega/\text{sq}$  이하이며,

상기 제 2 합금이 상기 신축성 전극의 길이 방향으로 30 % 인장되었을 때 상기 제 2 합금의 저항 변화율( $\Delta R/R$ )은 15 % 이하인 신축성 전극의 제조 방법.

## 청구항 11

제 10 항에 있어서,

상기 스퍼터링 타겟의 화학적 조성과 상기 신축성 전극에 포함된 상기 제 2 합금의 화학적 조성이 동일한 신축성 전극의 제조 방법.

## 청구항 12

삭제

## 청구항 13

삭제

## 청구항 14

삭제

## 청구항 15

삭제

## 청구항 16

제 10 항에 있어서, 상기 스퍼터링 증착 방식은 DC 스퍼터링, RF 스퍼터링, 마그네트론(Magnetron) 스퍼터링, 바이어스(Bias) 스퍼터링 및 반응성(Reactive) 스퍼터링으로 이루어지는 군에서 선택되는 적어도 하나 이상의

방식을 포함하는 신축성 전극의 제조 방법.

## 발명의 설명

### 기술 분야

- [0001] 본 발명은 전자 소자 기술에 대한 것으로서, 더욱 상세하게는, 신축성 전극, 이의 제조 방법 및 이를 포함하는 플렉시블 전자 소자에 관한 것이다.

### 배경 기술

- [0002] 전자 소자의 응용 분야가 넓어지면서 종래의 하드 기판 상 전자 소자의 한계를 극복할 수 있는 플렉시블 전자 소자에 대한 요구가 커지고 있다. 상기 플렉시블 전자 소자로서, 예를 들면, 플렉시블 디스플레이, 스마트 의복, 스마트 워치, 또는 스마트 바이털 센서가 있다.
- [0003] 상기 플렉시블 전자 소자를 구현하기 위해서는, 외부 응력에 의해 상기 플렉시블 전자 소자를 구성하는 부품들이 물리적으로 변형되더라도 전기적인 기능을 그대로 유지할 수 있어야 한다. 대표적으로 플렉시블 전자 소자의 전극은, 기계적 변형(접힘, 구부림, 또는 신축)에도 전기전도도를 유지할 수 있어야 한다. 이를 위하여, 금속 나노와이어, 카본 나노튜브 또는 전도성 고분자를 이용하여 전극을 형성하는 기술이 연구되고 있다. 그러나, 이들 재료를 이용한 종래의 전극은 금속 전극의 비저항에 훨씬 못 미치는 비저항을 갖고 있어, 고성능의 플렉시블 전자 소자에 응용되는데에 한계를 갖는다.

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

- [0004] 본 발명이 해결하고자 하는 기술적 과제는, 금속 수준의 비저항을 가지면서 기계적 변형이 가능한 신축성 전극을 제공하는 것이다.
- [0005] 본 발명이 해결하고자 하는 다른 기술적 과제는, 상기 이점을 갖는 신축성 전극의 제조 방법을 제공하는 것이다.
- [0006] 또한, 본 발명이 해결하고자 하는 또 다른 기술적 과제는 상기 이점을 갖는 플렉시블 전자 소자를 제공하는 것이다.

### 과제의 해결 수단

- [0007] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 갈륨(Ga) 및 귀금속(noble metal) 사이의 합금을 포함하며, 상기 합금은 고체 상(phase)과 액체 상(phase)이 공존하는 이상성(biphasic)을 갖는 신축성 전극이 제공될 수 있다. 일 실시예에 따르면, 상기 귀금속은 루테튬(Ru), 로듐(Rh), 금(Au), 은(Ag), 오스뮴(Os), 팔라듐(Pd), 이리듐(Ir), 백금(Pt) 또는 이들 중 2 이상의 합금으로 구성되는 군에서 어느 하나로 선택될 수 있다. 금(Au)의 갈륨(Ga)에 대한 몰비는 1/9 내지 3/7의 범위일 수 있다. 상기 합금이 상기 신축성 전극의 길이 방향으로 30 % 인장되었을 때 상기 합금의 저항 변화율( $\Delta R/R$ )은 15 % 이하일 수 있다. 상기 합금의 비저항은  $1 \times 10^{-9} \Omega m$  내지  $8 \times 10^{-7} \Omega m$ 의 범위 내일 수 있다. 상기 합금은 박막 형상일 수 있다.
- [0008] 본 발명의 다른 실시예에 따르면, 기판; 및 상기 기판 상에 형성된, 갈륨(Ga) 및 귀금속 사이의 합금을 포함하는 신축성 전극을 가지며, 상기 합금은 고체 상(phase)과 액체 상(phase)이 공존하는 이상성(biphasic)을 갖는 플렉시블 전자 소자가 제공될 수 있다. 일 실시예에 따르면, 상기 기판은 실리콘 러버(Silicon rubber), 폴리우레탄(polyurethane, PU), 폴리이미드(polyimide, PI), 폴리에틸렌테레프탈레이트(polyethyleneterephthalate, PET), PDMS(Polydimethylsiloxane), 폴리에틸렌나프탈레이트(Polyethylene Naphthalate, PEN), 에폭시(Epoxy), 테프론(Teflon) 및 이들의 조합 중 어느 하나로 형성될 수 있다. 상기 신축성 전극은 상기 기판 상에 증착될 수 있다.
- [0009] 본 발명의 또 다른 실시예에 따르면, 스퍼터링을 위한 챔버를 준비하는 단계; 갈륨(Ga) 및 귀금속(noble metal)을 포함하는 스퍼터링 타겟을 형성하는 단계; 및 상기 스퍼터링 타겟으로부터 기판 상으로 상기 갈륨(Ga) 및 상기 귀금속을 스퍼터링 증착하는 단계를 포함하는 신축성 전극의 제조 방법이 제공될 수 있다. 상기 스퍼터링 타겟의 화학적 조성과 상기 신축성 전극에 포함된 합금의 화학적 조성이 동일할 수 있다. 상기 스퍼터링 타겟

은 갈륨(Ga) 및 귀금속 사이의 합금, 갈륨(Ga) 및 귀금속이 상분리된 혼합물 또는 이들의 조합으로 형성될 수 있다. 상기 스퍼터링 증착 방식은 DC 스퍼터링, RF 스퍼터링, 마그네트론(Magnetron) 스퍼터링, 바이어스(Bias) 스퍼터링 및 반응성(Reactive) 스퍼터링으로 이루어지는 군에서 선택되는 적어도 하나 이상의 방식을 포함할 수 있다.

### 발명의 효과

- [0010] 본 발명의 실시예에 따르면, 갈륨(Ga) 및 귀금속(noble metal) 사이의 합금을 포함하며, 상기 합금은 고체 상(phase)과 액체 상(phase)이 공존하는 이상성(biphasic)을 가짐으로써, 비저기계적 변형에도 낮은 비저항을 유지하면서 신축도가 높은 신축성 전극이 제공될 수 있다.
- [0011] 본 발명의 실시예에 따르면, 갈륨(Ga) 및 귀금속(noble metal)을 포함하는 스퍼터링 타겟을 형성하여, 상기 스퍼터링 타겟의 전면측을 상기 챔버 내로 지향하여, 상기 스퍼터링 타겟으로부터 상기 기판 상으로 상기 갈륨(Ga) 및 상기 귀금속을 스퍼터링 증착하는 단계를 포함함으로써, 기계적 변형에도 전기적 특성을 유지하면서 신축도가 높은 신축성 전극을 제조하기 위한 신축성 전극의 제조 방법이 제공될 수 있다.
- [0012] 본 발명의 실시예에 따르면, 기판 상에 형성된 갈륨(Ga) 및 귀금속 사이의 합금을 포함하는 신축성 전극을 가짐으로써, 기계적 변형에도 전기적 특성을 유지하면서 신축도가 높은 플렉시블 전자 소자의 제조 방법이 제공될 수 있다.

### 도면의 간단한 설명

- [0013] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 신축성 전극이 적용된 플렉시블 소자를 도시하는 사시도이다.
- 도 2는 실시예 1 내지 실시예 5에 따른 상기 플렉시블 전자 소자에 포함된 상기 신축성 소자의 초기 면저항을 나타낸 분석 결과이다.
- 도 3은 실시예 1 내지 실시예 5에 따른 상기 플렉시블 전자 소자에 포함된 상기 신축성 소자의 신축성을 나타낸 분석 결과이다.
- 도 4는 도 1 및 도 2에서 분석된 상기 신축성 전극의 초기 면저항과 신축성을 나타낸 그래프이다.
- 도 5a는 본 발명의 일 실시예에 따른 갈륨과 금의 합금을 포함하는 신축성 전극을 갖는 플렉시블 전자 소자의 표면을 촬영한 이미지이다.
- 도 5b는 도 5a에 나타내어진 실시예에 대한 비교예로서, 금으로 구성된 전극을 갖는 전자 소자의 표면을 촬영한 이미지이다.
- 도 6는 본 발명의 일 실시예에 따른 신축성 전극의 제조 방법을 나타내는 흐름도이다.
- 도 7a는 본 발명의 일 실시예에 따른 갈륨(Ga)과 금(Au) 사이의 상기 합금을 포함하는 상기 신축성 전극을 촬영한 이미지이다.
- 도 7b는 도 7의 이미지의 부분 확대도이다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0014] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예를 상세히 설명하기로 한다.
- [0015] 발명의 실시예들은 당해 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 본 발명을 더욱 완전하게 설명하기 위하여 제공되는 것이며, 하기 실시예는 여러 가지 다른 형태로 변형될 수 있으며, 본 발명의 범위가 하기 실시예에 한정되는 것은 아니다. 오히려, 이들 실시예는 본 개시를 더욱 충실하고 완전하게 하고, 당업자에게 본 발명의 사상을 완전하게 전달하기 위하여 제공되는 것이다.
- [0016] 도면에서 동일 부호는 동일한 요소를 지칭한다. 또한, 본 명세서에서 사용된 바와 같이, 용어 "및/또는"은 해당 열거된 항목 중 어느 하나 및 하나 이상의 모든 조합을 포함한다.
- [0017] 본 명세서에서 사용된 용어는 실시예를 설명하기 위하여 사용되며, 본 발명의 범위를 제한하기 위한 것이 아니다. 또한, 본 명세서에서 단수로 기재되어 있다 하더라도, 문맥상 단수를 분명히 지적하는 것이 아니라면, 복수의 형태를 포함할 수 있다. 또한, 본 명세서에서 사용되는 "포함한다(comprise)" 및/또는 "포함하는(comprising)"이란 용어는 언급한 형상들, 숫자, 단계, 동작, 부재, 요소 및/또는 이들 그룹의 존재를 특정하는

것이며, 다른 형상, 숫자, 동작, 부재, 요소 및/또는 그룹들의 존재 또는 부가를 배제하는 것이 아니다.

- [0018] 본 명세서에서 기관 또는 다른 층 "상에(on)" 형성된 층에 대한 언급은 상기 기관 또는 다른 층의 바로 위에 형성된 층을 지칭하거나, 상기 기관 또는 다른 층 상에 형성된 중간 층 또는 중간 층들 상에 형성된 층을 지칭할 수도 있다. 또한, 당해 기술 분야에서 숙련된 자들에게 있어서, 다른 형상에 "인접하여(adjacent)" 배치된 구조 또는 형상은 상기 인접하는 형상에 중첩되거나 하부에 배치되는 부분을 가질 수도 있다.
- [0019] 본 명세서에서, "아래로(below)", "위로(above)", "상부의(upper)", "하부의(lower)", "수평의(horizontal)" 또는 "수직의(vertical)"와 같은 상대적 용어들은, 도면들 상에 도시된 바와 같이, 일 구성 부재, 층 또는 영역들이 다른 구성 부재, 층 또는 영역과 갖는 관계를 기술하기 위하여 사용될 수 있다. 이들 용어들은 도면들에 표시된 방향 뿐만 아니라 소자의 다른 방향들도 포괄하는 것임을 이해하여야 한다.
- [0020] 이하에서, 본 발명의 실시예들은 본 발명의 이상적인 실시예들(및 중간 구조들)을 개략적으로 도시하는 단면도들을 참조하여 설명될 것이다. 이들 도면들에 있어서, 예를 들면, 부재들의 크기와 형상은 설명의 편의와 명확성을 위하여 과장될 수 있으며, 실제 구현 시, 도시된 형상의 변형들이 예상될 수 있다. 따라서, 본 발명의 실시예는 본 명세서에 도시된 영역의 특정 형상에 제한된 것으로 해석되어서는 아니 된다. 또한, 도면의 부재들의 참조 부호는 도면 전체에 걸쳐 동일한 부재를 지칭한다.
- [0021] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 신축성 전극이 적용된 플렉시블 전자 소자를 도시하는 사시도이다.
- [0022] 도 1을 참조하면, 일 실시예에 따른 플렉시블 전자 소자는 기관(101)과 기관(101) 상에 형성된 신축성 전극(100)을 포함할 수 있다.
- [0023] 신축성 전극(100)은 갈륨(Ga) 및 귀금속(noble metal) 사이의 합금을 포함할 수 있다. 상기 귀금속(noble metal)은 일반 금속(base metal)과 달리 부식 저항성 및 산화 저항성을 갖는 금속이다. 상기 귀금속은 루테튬(Ru), 로듐(Rh), 금(Au), 은(Ag), 오스뮴(Os), 팔라듐(Pd), 이리듐(Ir), 백금(Pt), 또는 이들 중 2 이상의 합금을 포함할 수 있다. 예를 들어, 금의 전기 음성도는 2.54 이고 이온화 에너지는 890 kJ/mol 이며, 백금의 전기 음성도는 2.28 이고 이온화 에너지는 870 kJ/mol 이어서, 상기 금과 상기 백금은 산화가 일어나기 어렵다. 다른 실시예에 따르면 상기 귀금속은 전자 구조의 d-밴드(d-band)가 모두 채워진 금속일 수 있다.
- [0024] 상기 갈륨(Ga)은 무르고 은색을 띤 회귀한 전이후 금속(post-transition metal)으로, 녹는점이 29.8℃여서 상온에서도 액체로 존재할 수 있다. 또한 갈륨 기반의 액체 금속은 높은 신축성과 낮은 비저항을 가지므로 신축성 전극(100)에 이용하기 용이할 수 있다. 다만, 상기 갈륨은 전기 음성도가 1.8 이어서 산화가 쉽게 일어나는 다른 금속인 알루미늄의 전기 음성도(1.6)와 비슷하고, 이온화 에너지는 570 kJ/mol 인 산화가 쉬운 금속이다. 상기 갈륨이 산화 저항성을 갖지 않는 상기 일반 금속(base metal)과 합금을 이루게 될 경우, 상기 합금은 표면에 쉽게 산화막을 형성할 수 있다.
- [0025] 상기 산화막이 형성되면, 상기 산화막으로 인하여 신축성이 감소되기 때문에, 상기 갈륨 그 자체나 상기 일반 금속(base metal) 사이의 합금을 포함하는 재료의 경우, 신축성이 저하될 우려가 있다. 반면, 상기 갈륨에 귀금속을 첨가하여 합금화할 경우, 산화 저항성을 갖는 상기 귀금속에 의하여, 상기 갈륨과 상기 귀금속 사이의 상기 합금 역시 산화 저항성을 확보하게 되어, 표면 산화막의 형성이 감소 또는 억제될 수 있다. 따라서 본 발명의 실시예에 따른 신축성 전극(100)은 신축성이 저하되지 않아 안정성과 신뢰성 및 경제성이 확보될 수 있다.
- [0026] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 갈륨과 상기 귀금속 사이의 상기 합금은, 높은 신축성과 낮은 비저항을 가지면서 고체 상(phase)과 액체 상(phase)이 공존하는 이상성(biphase) 물질로 제공될 수 있다. 상기 갈륨과 상기 귀금속 사이의 상기 합금이 상기 이상성 물질로 제공됨으로써 상기 합금을 포함하는 신축성 전극(100)은 액체 상만으로 제공되는 합금을 포함하는 전극(예를 들어, 상기 갈륨과 인듐(Id) 사이의 합금을 포함하는 전극)과 달리, 노광(photolithography) 및 식각(etching)을 포함하는, 전자 소자 제조를 위한 후속공정과의 적합성이 높고 양산성이 확보될 수 있다. 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 합금의 비저항은  $1 \times 10^{-9} \Omega \text{m}$  내지  $8 \times 10^{-7}$ 의 범위 내일 수 있다. 일반적인 금속 전극의 비저항 값은  $5 \times 10^{-7} \Omega \text{m}$  이하인 것과 대비하여 볼 때, 본 발명의 실시예에 따른 신축성 전극(100)은 금속 수준의 낮은 비저항을 유지할 수 있다. 본 발명의 일 실시예에 따르면 상기 합금은 박막 형상일 수 있다.
- [0027] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 기관(101)은 플렉시블 기관일 수 있다. 일 실시예에 따르면, 상기 플렉시블 기관은 실리콘 러버(Silicon rubber), 폴리우레탄(polyurethane, PU), 폴리이미드(polyimide, PI), 폴리에틸렌테레프탈레이트(polyethyleneterephthalate, PET), PDMS(Polydimethylsiloxane), 폴리메틸렌나프탈레이트



(Polyethylene Naphthalate, PEN), 에폭시(Epoxy), 테프론(Teflon) 및 이들의 조합으로 이루어지는 군에서 선택된 어느 하나로서 형성될 수 있다. 바람직하게는 기판(101)은 PDMS(Polydimethylsiloxane) 기판일 수 있다. 상기 PDMS는 신축성을 가지는 고분자 물질로서, 균질(homogeneous)의 등방성(isotropic)을 가지며 광학적으로는 300nm의 두께까지 투명한 성질을 가지며 내구성이 강해 장기간 사용해도 물성이 열화(degradation)하지 않는 이점이 있다.

- [0028] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 신축성 전극(100)은 기판(101) 상에 증착될 수 있다. 다만, 이러한 실시예는 예시적일 뿐, 본 발명이 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0030] 이하에서는 본 발명의 구체적인 실시예들을 제시한다. 다만, 하기에 기재된 실시예들은 본 발명을 구체적으로 예시하거나 설명하기 위한 것에 불과하며, 이로서 본 발명이 제한되어서는 아니된다.
- [0032] [실시예 1]
- [0033] 금(Au)과 갈륨(Ga)의 몰비가 4/6인 갈륨과 귀금속(noble metal)인 금 사이의 합금을 형성하여 신축성 전극(100)을 제조하였다.
- [0034] [실시예 2]
- [0035] 금(Au)과 갈륨(Ga)의 몰비가 3/7인 갈륨과 금 사이의 합금을 형성하여 신축성 전극(100)을 제조하였다.
- [0036] [실시예 3]
- [0037] 금(Au)과 갈륨(Ga)의 몰비가 2/8인 갈륨과 금 사이의 합금을 형성하여 신축성 전극(100)을 제조하였다.
- [0038] [실시예 4]
- [0039] 금(Au)과 갈륨(Ga)의 몰비가 1/9인 갈륨과 금 사이의 합금을 형성하여 신축성 전극(100)을 제조하였다.
- [0040] [실시예 5]
- [0041] 금(Au)과 갈륨(Ga)의 몰비가 0.5/9.5인 갈륨과 금 사이의 합금을 형성하여 신축성 전극(100)을 제조하였다.
- [0042] [비교예 1]
- [0043] 순금속인 금(Au)을 이용하여 신축성 전극(100)을 제조하였다.
- [0045] 평가 1: 초기 면저항 평가
- [0046] 실시예 1 내지 5에서 제조된 신축성 전극(100)의 초기 면저항을 관찰하여, 그 분석결과를 도 2에 나타내었다. 신축성 전극(100)의 초기 면저항 값이 작을수록 신축성 전극(100) 및 신축성 전극(100)을 포함하는 상기 플렉시블 전자 소자의 전기 전도도가 클 수 있다.
- [0048] 도 2를 참조하면, 실시예 1 내지 실시예 5에 따른 신축성 전극(100)의 금과 갈륨의 몰비가 각각 4:6, 3:7, 2:8, 1:9 및 0.5:9.5 일 때 신축성 전극(100)의 초기 면저항은 각각 0.6( $\Omega/\text{sq}$ ), 0.8( $\Omega/\text{sq}$ ), 0.9( $\Omega/\text{sq}$ ), 0.9( $\Omega/\text{sq}$ ) 및 1.5( $\Omega/\text{sq}$ )임이 확인될 수 있다. 신축성 전극(100)에서 상기 금의 몰비가 증가하고 상기 갈륨의 몰비가 감소할수록 초기 면저항이 낮아짐을 알 수 있다.
- [0050] 평가 2: 신축성 평가
- [0051] 실시예 1 내지 5에서 제조된 신축성 전극(100)의 신축성을 확인하기 위하여, 인장시키기 전에 신축성 전극(100)의 전기 저항을 측정하고, 상기 플렉시블 전자 소자를 신축성 전극(100)의 길이 방향으로 30% 인장한 뒤, 인장시킨 뒤에 신축성 전극(100)의 전기 저항을 측정하여 그 결과를 도 3에 나타내었다.
- [0053] 도 3은 실시예 1 내지 실시예 5에 따른 상기 신축성 소자의 신축성을 나타낸 분석 결과이다. 상기 플렉시블 전자 소자의 상기 금과 상기 갈륨 사이의 상기 합금의 신축성을 판단하기 위한 분석 방법으로서, 인장시키기 전의 상기 합금의 전기 저항값(R)을 측정하고 상기 플렉시블 전자 소자를 신축성 전극(100)의 길이 방향으로 30% 인장한 뒤, 인장시킨 뒤의 상기 합금의 전기 저항값(R')을 측정하였다. 이후, 상기 2개의 전기 저항값의 차이( $\Delta R = R' - R$ )를 인장시키기 전의 상기 합금의 전기 저항값(R)으로 나눈 저항 변화율( $\Delta R/R$ )을 계산하였다. 신축성이 크다는 것은 신축성 전극(100)에 인장과 같은 기계적 변형이 가해져도 전기적 특성(예를 들어, 인장에 따른 저항 변화율)이 잘 유지된다는 것이므로, 상기 저항 변화율이 작을수록 신축성 전극(100)의 신축성이 클 수 있다.
- [0054] 도 3을 참조하면, 실시예 1 내지 실시예 5에 따른 신축성 전극(100)의 금(Au)과 갈륨(Ga)의 몰비가 각각 4:6,



3:7, 2:8, 1:9 및 0.5:9.5 일 때 신축성 전극(100)의 상기 저항 변화율은 각각 40 %, 15 %, 4 %, 3 %, 또는 0.6 %임이 확인될 수 있다. 신축성 전극(100)에서 상기 갈륨의 물비가 증가하고 상기 금의 물비가 감소할수록 신축성 전극(100)의 신축성이 커짐을 알 수 있다.

[0055] 도 4는 도 1 및 도 2에서 분석된 신축성 전극(100)의 초기 면저항과 신축성을 나타낸 그래프이다. 신축성 전극(100)의 신축성(상기 저항 변화율( $\Delta R/R$ )으로 나타내어짐)을 나타내는 곡선을 3A로 도시하고, 신축성 전극(100)의 초기 면저항을 나타내는 곡선을 3B로 도시하였다.

[0056] 도 4를 참조하면, 신축성 전극(100)의 상기 금과 상기 갈륨의 물비가 3:7보다 클 경우, 신축성이 급격하게 감소할 수 있다. 또한, 상기 신축성 전극(100)의 상기 금과 상기 갈륨의 물비가 1:9보다 작을 경우, 초기 면저항이 급격하게 증가할 수 있다.

[0057] 도 5a는 본 발명의 일 실시예에 따른 갈륨과 금의 합금을 포함하는 신축성 전극(100)을 갖는 플렉시블 전자 소자의 표면을 촬영한 이미지이다. 신축성 전극(100)에 포함되는 합금의 상기 금과 상기 갈륨의 물비는 1:9이다. 도 5b는 도 5a에 나타내어진 실시예에 대한 비교예로서, 금으로 구성된 전극을 갖는 전자 소자의 표면을 촬영한 이미지이다. 상기 두 개의 전극들은 모두 PDMS 기판 상에 형성되었다. 상기 두 개의 전자 소자들은 인장력에 의해 상기 두 개의 전극들의 길이 방향으로 30 % 인장되었다.

[0058] 도 5a 및 도 5b를 참조하면, 상기 금과 상기 갈륨 사이의 합금을 포함하는 신축성 전극을 갖는 플렉시블 전자 소자의 경우, 신축성 전극(100)의 표면에 크랙(crack)이 관찰되지 않음이 확인될 수 있다. 반면, 상기 금(Au)을 포함하는 신축성 전극을 갖는 플렉시블 전자 소자의 경우, 신축성 전극(100)의 표면에 크랙(crack)이 관찰됨이 확인될 수 있다. 신축성 전극에 상기 갈륨(Ga)이 포함됨으로써 신축성이 더 강화되어 상기 플렉시블 전자 소자로서의 신뢰성 및 안정성이 증가함을 알 수 있다.

[0059] 도 6는 본 발명의 일 실시예에 따른 신축성 전극의 제조 방법을 나타내는 흐름도이다.

[0060] 도 6을 참조하면, 스퍼터링을 위한 챔버가 준비될 수 있다(S101). 상기 챔버는 배치 식(batch type) 또는 로드 락 식(load lock type)일 수 있다. 상기 배치 식 챔버는 기판이 교체될 때마다 챔버를 개폐해야 하는 챔버를 말한다. 상기 로드 락 식 챔버는 반응이 일어나는 챔버인 메인 챔버(main chamber)와 기판을 교환하는 보조 챔버인 로드 락 챔버(load lock chamber)를 포함하는 챔버를 말한다. 상기 로드 락 챔버가 구비됨으로써 상기 로드 락 식 챔버는 기판이 교체될 때에도 상기 메인 챔버의 진공이 유지된다.

[0061] 이후 상기 갈륨(Ga) 및 상기 귀금속(noble metal)을 포함하는 스퍼터링 타겟이 형성될 수 있다(S102). 상기 귀금속에 대해서는 전술하였다. 상기 스퍼터링 타겟의 형성은 반드시 상기 스퍼터링을 위한 챔버의 준비에 반드시 후행될 필요는 없으며, 상기 스퍼터링을 위한 챔버의 준비와 동시에 수행되거나, 상기 스퍼터링을 위한 챔버의 준비에 선행될 수 있다.

[0062] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 스퍼터링 타겟의 화학적 조성은 신축성 전극(100)에 포함된 합금의 화학적 조성은 동일할 수 있다. 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 스퍼터링 타겟은 갈륨(Ga) 및 귀금속 사이의 합금, 갈륨(Ga) 및 귀금속이 상분리된 혼합물 또는 이들의 조합으로 형성될 수 있다.

[0063] 따라서, 상기 스퍼터링 타겟으로부터 기판으로 증착되는 갈륨과 귀금속의 비율을 제어할 수 있는 장점이 있다.

[0064] 이후, 상기 스퍼터링 타겟으로부터 상기 기판 상으로 상기 갈륨(Ga) 및 상기 귀금속이 스퍼터링 증착될 수 있다(S103).

[0065] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 스퍼터링 방식은 DC 스퍼터링, RF 스퍼터링, 마그네트론(Magnetron) 스퍼터링, 바이어스(Bias) 스퍼터링 및 반응성(Reactive) 스퍼터링 중 적어도 하나로 선택될 수 있다. 상기 DC 스퍼터링이란 직류 전원을 이용한 스퍼터링 방식을 말한다. 구조가 간단하며, 가장 표준적인 방식으로, 성막속도가 여러 종류의 금속에 대해 거의 일정하고 전류량과 박막두께가 거의 정비례하므로 조절이 쉬우며, 높은 에너지의 공정이므로 밀착강도가 높고 박막의 균일도가 커서 금속 스퍼터링을 위한 방법으로서 적합하다. 또한 RF 스퍼터링에 비해 성막속도가 빠른 장점이 있다. 다만, 타겟 재료가 금속에 한정되고 높은 아르곤(Ar) 압력(10~15 mTorr)이 필요하며 스퍼터링 기판이 과열되기 쉬울 수 있다.

[0066] 상기 RF 스퍼터링은 고주파를 이용한 스퍼터링 방식으로, 낮은 아르곤 압력에서도 plasma가 유지될 수 있다. 상기 RF 스퍼터링은 낮은 아르곤(Ar) 압력(2~5 mTorr)에서도 플라즈마가 유지되는 장점이 있으나, DC 스퍼터링에 비해 성막 면적이 작고 성막속도가 느릴 수 있다.

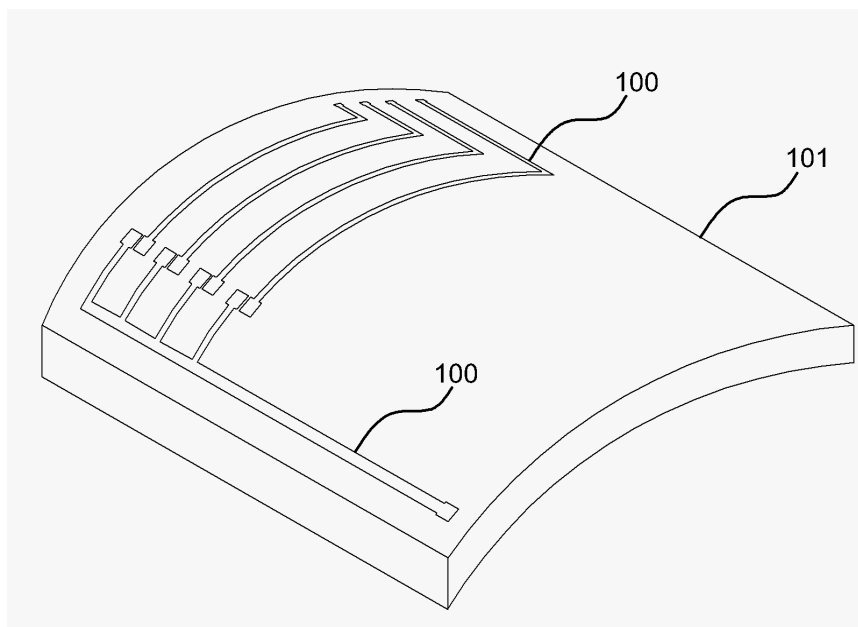
- [0067] 상기 마그네트론 스퍼터링은 타겟 뒷면에 영구자석이나 전자석을 배열하여 전기장에 의해 캐소드(Cathode)로 부터 방출되는 전자를 타겟 바깥으로 형성되는 자기장내에 국부적으로 집중시켜 가스원자와의 충돌을 촉진시킴으로써 스퍼터율을 높이는 방식이다. 바이어스 스퍼터링은 스퍼터 에치(Sputter etch)를 이용해 RF 또는 DC 바이어스를 걸어주어, 아르곤 이온을 기판에 충돌하게 함으로써 기판의 표면에 존재하는 불순물 등을 제거하고, 바이어스 스퍼터에서 스퍼터링 타겟 및 기판에 음(-) 바이어스를 걸어 스퍼터시키는 방식이다.
- [0068] 상기 바이어스 스퍼터링은 진공 챔버중에 존재하는 산소 이온과 전자들이 기판에 걸린 음(-) 바이어스에 의해 기판에서 떨어져므로 증착된 박막 내에 혼입되는 산소의 양을 감소시킬 수 있다. 반응성 스퍼터링은 아르곤 기체 외에 미량의 산소 또는 질소를 함께 공급함으로써 화합물 박막을 형성하는 방식이다.
- [0069] 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 기판에 갈륨 및 귀금속 원소를 이용하여 성막이 수행된 후, 고에너지 증착으로 신축성 전극(100)의 불균일 및 손상을 줄이기 위한 열처리가 더 수행될 수 있다. 본 발명의 일 실시예에 따르면, 800℃에서 5분간 가열하여 열처리가 수행될 수 있다.
- [0070] 도 7a는 본 발명의 일 실시예에 따른 신축성 전극(100)을 촬영한 이미지이다. 도 7b는 도 7a의 이미지의 부분 확대도이다. 도 7a 및 도 7b에 나타내어진 신축성 전극(100)을 패터닝하기 위해 스퍼터링 증착 공정이 이용되었다.
- [0071] 도 7a 및 도 7b를 참조하면, 상기 기판 상에 스퍼터링 증착된 신축성 전극(100)의 선폭은 50  $\mu\text{m}$  이하(도 7의 좌측 이미지 참조)일 수 있다. 또한, 패터닝된 신축성 전극(100)의 선폭은 균일한 것이 확인될 수 있다.

### 부호의 설명

- [0072] 100: 신축성 전극  
101: 기판

### 도면

#### 도면1



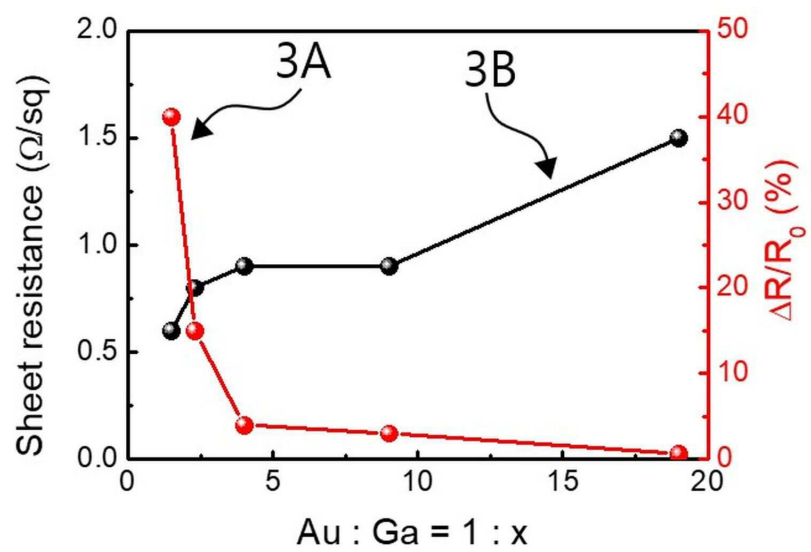
도면2

Au : Ga	4 : 6	3 : 7	2 : 8	1 : 9	0.5 : 9.5
<u>초기면저항</u> ( $\Omega/\text{sq}$ )	0.6	0.8	0.9	0.9	1.5

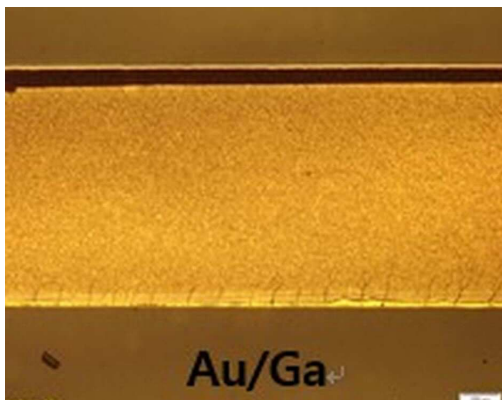
도면3

Au : Ga	4 : 6	3 : 7	2 : 8	1 : 9	0.5 : 9.5
$\Delta R/R$ (%) (30% 인장시)	40	15	4	3	0.6

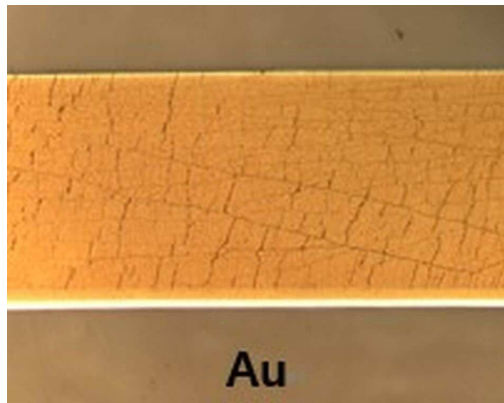
도면4



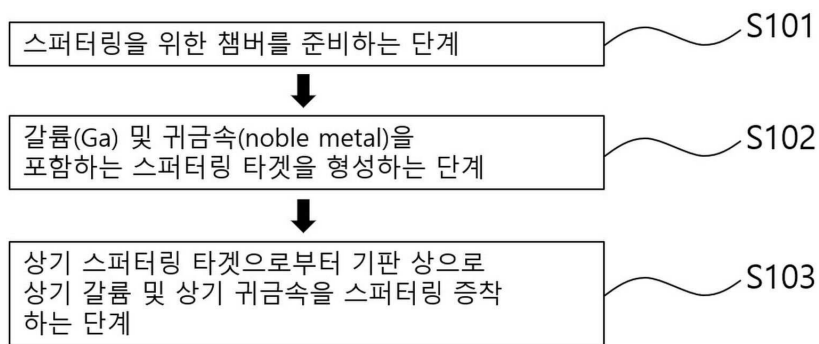
도면5a



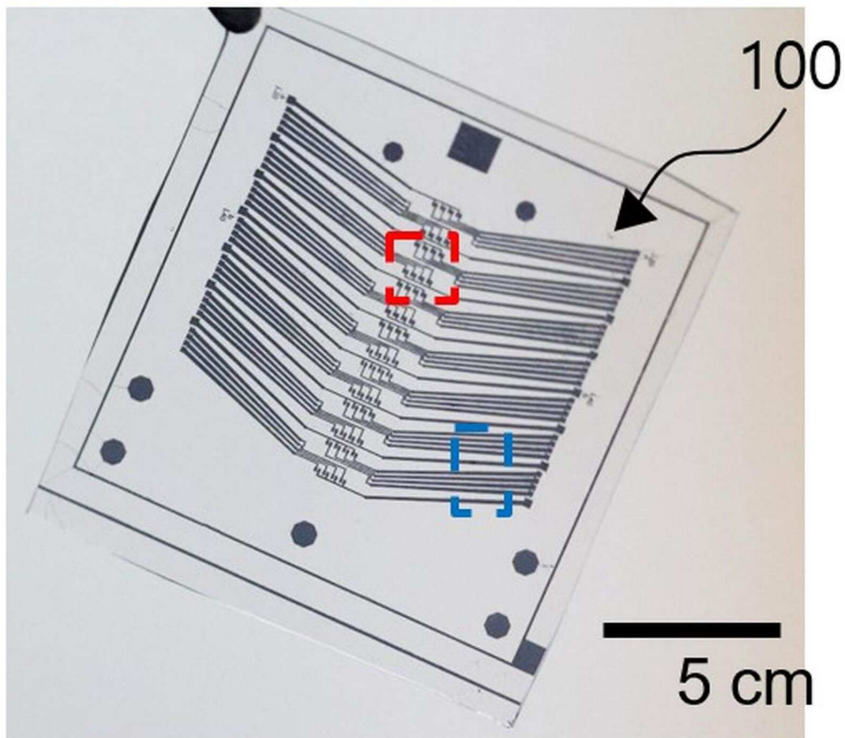
도면5b



도면6



도면7a



도면7b

