



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2016년05월11일
(11) 등록번호 10-1620280
(24) 등록일자 2016년05월03일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01N 27/407 (2006.01) G01N 33/00 (2006.01)
(52) CPC특허분류
G01N 27/407 (2013.01)
G01N 27/4073 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2015-0141557
(22) 출원일자 2015년10월08일
심사청구일자 2015년10월08일
(56) 선행기술조사문헌
JP2004024551 A*
KR1020110100807 A*
KR1020150097145 A
KR1020110120039 A
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
고려대학교 산학협력단
서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동5가)
(72) 발명자
하정숙
서울특별시 강남구 남부순환로 2615 1105호(도곡동, 극동스타클래스)
윤준영
서울특별시 동대문구 무학로47길 28, 205호 (용두동)
(74) 대리인
정은열

전체 청구항 수 : 총 13 항

심사관 : 이경철

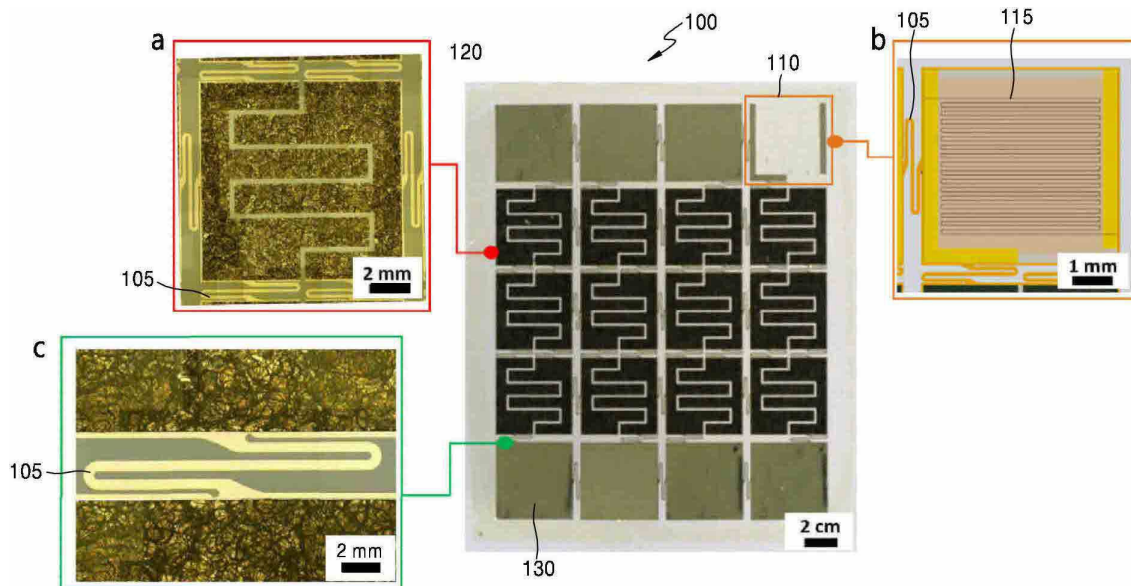
(54) 발명의 명칭 통합형 가스 센서 모듈 및 그 제조 방법

(57) 요약

본 발명의 실시예에 따른 통합형 가스 센서 모듈은 연질 인장기판; 상기 연질 인장기판 상에서 일측에 적어도 하나의 가스 센서를 포함한 센서부; 상기 연질 인장기판 상에서 상기 센서부로부터 이격되고, 다수의 캐패시터를 배열 포함한 전원 충전부; 및 상기 연질 인장기판 상에서 상기 가스 센서와 캐패시터에 연결된 다수의 패드를 포함한 패드부;를 포함한다.

본 발명의 실시예에 따른 통합형 가스 센서 모듈은 연질 인장기판을 이용하여 3차원으로 신축성과 휘어짐을 갖고, 이러한 연질 인장기판 상에 많은 에너지를 저장할 수 있는 다수의 캐패시터와 함께 동일 회로에 통합 집적된 가스 센서를 형성하여, 외부 전원에 연결할 필요없이 자체적으로 저장된 전원을 이용한 가스 감지를 수행할 수 있는 효과가 있다.

대표도 - 도2



(52) CPC특허분류

G01N 33/0009 (2013.01)

G01N 33/0027 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 2013016165

부처명 미래창조과학부

연구관리전문기관 한국연구재단

연구사업명 (이공)중견연구자지원_도약연구

연구과제명 Power dressing을 위한 슈퍼커패시터가 내장된 3차원 스트레처블 소자 공정 기술

기 여 율 1/1

주관기관 고려대학교

연구기간 2015.06.01 ~ 2016.05.31

공지예외적용 : 있음

명세서

청구범위

청구항 1

연질 인장기관;

상기 연질 인장기관 상에서 일측에 적어도 하나의 가스 센서를 포함한 센서부;

상기 연질 인장기관 상에서 상기 센서부로부터 이격되고, 다수의 캐패시터를 배열 포함한 전원 충전부; 및

상기 연질 인장기관 상에서 상기 가스 센서와 캐패시터에 연결된 다수의 패드를 포함한 패드부;

를 포함하고,

상기 캐패시터는

캐리어 기판 상에 전도성 금속으로 형성된 제 1 전극 패턴 및 전도성 고분자(Conducting polymer)와 다중벽 탄소나노튜브 재질을 포함하여 형성된 제 2 전극 패턴이 중첩 형성된 양측 전극; 및

상기 캐리어 기판 상에 상기 양측 전극을 덮는 전해질층;

을 포함하는 통합형 가스 센서 모듈.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 연질 인장기관은

상기 센서부, 전원 충전부 및 패드부 각각에 대응하고, 네거티브형 PR(Photo Resist)로 형성된 다수의 플랫폼 패턴; 및

연질 재질로 형성되고, 상기 플랫폼 패턴 각각을 아래, 위에서 감싸 접합한 하부 연질층과 상부 연질층으로 이루어진 연질 인장부;

를 포함하는 것을 특징으로 하는 통합형 가스 센서 모듈.

청구항 3

제 2 항에 있어서,

상기 연질 인장부는 0.4 ~ 0.5의 푸아송비(Poisson's ratio)를 갖는 수지 재질로 형성되는 것을 특징으로 하는 통합형 가스 센서 모듈.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 가스 센서는

그래핀(Graphene)으로 이루어지고 다수의 굴곡을 갖는 감지 패턴; 및

상기 감지 패턴의 양 단부가 각각 연결된 양측의 전극;

을 포함하는 것을 특징으로 하는 통합형 가스 센서 모듈.

청구항 5

삭제

청구항 6

제 1 항에 있어서,

상기 전해질층은 [EMIM][TFSI](1-ethyl-3-methylimidazolium bis(trifluoromethylsulfonyl)imide), PEGDA(Polyethylene Glycol Diacrylate) 및 HOMPP(2-hydroxy-2-methylpropiophenone)를 각각 88:8:4의 비율로 섞어 마련한 이온성겔(ionogel) 전해질을 이용하여 형성되는 것을 특징으로 하는 통합형 가스 센서 모듈.

청구항 7

제 1 항에 있어서,

상기 센서부, 전원 충전부 및 패드부는 굴곡 형태(serpentine type)의 전도성 패턴에 의해 전기적으로 서로 연결되는 것을 특징으로 하는 통합형 가스 센서 모듈.

청구항 8

(i) 연질 인장기관을 제조하는 단계;

(ii) 캐리어 기판 상에 센서부, 전원 충전부 및 패드부를 형성하는 단계; 및

(iii) 상기 연질 인장기관에 상기 센서부, 전원 충전부 및 패드부를 형성한 캐리어 기판을 집합 전이하고, 가스 센서 모듈을 형성하는 단계;

를 포함하고,

상기 (ii) 단계는

(ii-1) 하부 캐리어 기판의 상부면에 전도성 금속을 PVD(Physical Vapor Deposition) 방법으로 증착하고, 패터닝 공정을 거쳐 다수의 전도성 패턴과 제 1 전극 패턴을 형성하는 단계;

(ii-2) 상기 제 1 전극 패턴을 노출시키고, 상기 다수의 전도성 패턴을 덮는 상부 캐리어 기판을 상기 하부 캐리어 기판 상에 형성하는 단계; 및

(ii-3) 상기 제 1 전극 패턴의 상부면에 MWNT(multi-walled carbon nanotube) 층과 전도성 고분자(Conducting polymer) 층으로 이루어진 제 2 전극 패턴을 중첩 형성하는 단계;

를 포함하는 통합형 가스 센서 모듈의 제조방법.

청구항 9

제 8 항에 있어서,

상기 (i) 단계는

(i-1) 주형 기관의 상부에 하부 연질층을 형성하는 단계;

(i-2) 상기 하부 연질층 상에 네거티브형 PR(Photo Resist)을 이용하여 플랫폼 패턴을 다수 형성하는 단계;

(i-3) 상기 하부 연질층의 상부면에 상기 플랫폼 패턴을 덮는 상부 연질층을 도포 형성하는 단계; 및

(i-4) 상기 주형 기관으로부터 상기 하부 연질층과 상부 연질층을 포함한 구조체를 박리 분리하는 단계;

를 포함하는 것을 특징으로 하는 통합형 가스 센서 모듈의 제조방법.

청구항 10

제 9 항에 있어서,

상기 하부 연결층과 상부 연결층은 0.4 ~ 0.5의 푸아송비(Poisson's ratio)를 갖는 수지 재질로 형성되는 것을 특징으로 하는 통합형 가스 센서 모듈의 제조방법.

청구항 11

삭제

청구항 12

제 8 항에 있어서,

상기 (ii) 단계는

(ii-4) 니켈 필름 상에 형성된 그래핀층에 대해 PMMA(Poly(methyl methacrylate)) 용액을 도포하고 경화시키는 단계;

(ii-5) 상기 니켈 필름을 제거하는 단계;

(ii-6) 상기 그래핀층과 PMMA 구조체를 하부 캐리어 기판에 전이하는 단계;

(ii-7) 상기 PMMA를 제거하는 단계; 및

(ii-8) 상기 하부 캐리어 기판에 전이된 그래핀층에 대해 패터닝 공정을 수행하여 구불구불한 형태를 갖는 감지 패턴을 형성하는 단계;

를 포함하는 것을 특징으로 하는 통합형 가스 센서 모듈의 제조방법.

청구항 13

제 8 항에 있어서,

상기 (iii) 단계는

(iii-1) 적어도 하나의 가스 센서를 포함한 센서부, 다수의 제 2 전극 패턴을 구비한 전원 충전부 및 다수의 패드를 구비한 패드부를 형성한 캐리어 기판의 구조체를 상기 연결 인장기판으로 전이하는 단계;

(iii-2) 패터닝 공정을 수행하여, 상기 센서부, 상기 전원 충전부 및 상기 패드부를 제외한 부분의 캐리어 기판을 제거하는 단계; 및

(iii-3) 상기 다수의 제 2 전극 패턴이 형성된 전원 충전부의 상부에 전해질층을 형성하는 단계;

를 포함하는 것을 특징으로 하는 통합형 가스 센서 모듈의 제조방법.

청구항 14

제 13 항에 있어서,

상기 (iii-1) 단계는 테이프 전이 방법을 이용하여 상기 캐리어 기판의 구조체를 상기 연결 인장기판으로 전이하는 것을 특징으로 하는 통합형 가스 센서 모듈의 제조방법.

청구항 15

제 13 항에 있어서,

상기 (iii-3) 단계의 전해질층은 [EMIM][TFSI](1-ethyl-3-methylimidazolium bis(trifluoromethylsulfonyl)imide), PEGDA(Polyethylene Glycol Diacrylate) 및 HOMPP(2-hydroxy-2-methylpropiophenone)를 각각 88:8:4의 비율로 섞어 마련한 이온성겔(ionogel) 전해질을 이용하여 형성되는 것을 특징으로 하는 통합형 가스 센서 모듈의 제조방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 통합형 가스 센서 모듈 및 그 제조 방법에 관한 것으로, 특히 가스를 감지하는 가스감지부와 전원을 충전 공급하는 전원충전부가 통합되고, 3차원으로 신축성과 휘어짐을 갖는 통합형 가스 센서 모듈 및 그 제조 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 환경오염의 심각성과 오염물질 감지에 대한 관심이 증가함에 따라, 다양한 종류의 센서 연구가 활발하게 진행되고 있다. 특히 대기오염으로 인해 CO₂, NO₂, SO₂ 및 VOC 등의 유해가스에 의한 악영향이 문제가 되고 있다. 이 중 NO₂ 가스는 산성비를 내리게 하여, 인간에게 매우 유해한 가스로서 더 정확하고 빠른 감지를 위해 수많은 연구가 진행되고 있다.

[0003] 이를 위해 종래에 가스 센서는 도 1에 도시된 바와 같이 외부 가스와 접촉하면 그 자체 저항이 변하는 감지물 패턴과 감지물 패턴이 동작하기에 알맞은 온도를 제공하는 발열체 패턴을 포함한다.

[0004] 즉, 세라믹 기판 상에 형성되고 인가된 전기 에너지가 저항에 의한 열 에너지로 변하는 발열체 패턴(11), 열에너지에 의해 상승된 주위 온도에서 가스를 감지하는 감지물 패턴(12)과 센서 패드(12a) 및 감지물 패턴(12)에 도포된 가스흡착제(13)를 포함하여 구성된다.

[0005] 감지물 패턴(12)에 외부가스가 접촉하게 되면 감지물 패턴(12)의 자체 저항이 변하게 되고, 상기 감지물 패턴(12)의 저항 변화량은 전극 패턴에서 검출된다. 여기서, 전극 패턴의 패드를 경유하여 외부회로에 상기 감지물 패턴(102)의 저항 변량을 인가한다.

[0006] 이와 같이 형성된 가스 센서의 인쇄 패턴은 감지물 패턴(12)에 외부가스가 접촉하게 되면 감지물 패턴(12)의 자체 저항이 변하게 되고, 감지물 패턴(12)의 저항 변화량은 전극 패턴에서 검출되어 외부에 전달된다. 이러한 감지물 패턴 위에는 측정하고자 하는 가스와 해당 감지물질과의 화학반응을 촉진시키는 가스흡착제(13)가 각각 도포되어 있다. 여기서, 가스흡착제(13)는 측정하고자 하는 특정가스가 감지물질에 접촉하게 되면 촉매작용에 의해 화학반응을 일으키게 되고, 이 화학반응에 의해 상기 감지물질의 저항값이 변하게 되므로, 이를 이용하여 상기 특정가스의 존재를 감지하게 된다.

[0007] 그리고, 각각의 감지물질이 해당 가스와 화학반응을 일으켜 저항값이 변할 경우 이를 외부로 출력할 수 있다.

[0008] 그러나, 이와 같은 종래의 가스 센서는 긴 전선을 통해 외부 전원과 연결이 필요하여, 다양한 응용을 제한한다. 이에 따라 가스 센서가 에너지 저장장치와 함께 동일 회로에 집적된 독립적인 시스템으로 구현될 필요가 있다. 이와 동시에 전자기기의 소형화에 따라 제한된 영역에 많은 에너지를 저장할 수 있는 가스센서의 필요성이 요구된다.

선행기술문헌

특허문헌

[0009] (특허문헌 0001) 특허문헌 : 등록특허공보 제 10-0551772호

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0010] 본 발명은 상기 문제점을 해소하기 위하여 안출된 것으로, 본 발명의 목적은 많은 에너지를 저장할 수 있는 에너지 저장장치와 함께 동일 회로에 통합되고 3차원으로 신축성과 휘어짐을 갖는 가스 센서 모듈을 제공하는 데 있다.
- [0011] 본 발명의 다른 목적은 많은 에너지를 저장할 수 있는 에너지 저장장치와 함께 동일 회로에 통합되고 3차원으로 신축성과 휘어짐을 갖는 가스 센서 모듈의 제조방법을 제공하는 데 있다.

과제의 해결 수단

- [0012] 본 발명의 일실시예에 따른 통합형 가스 센서 모듈은 연질 인장기판; 상기 연질 인장기판 상에서 일측에 적어도 하나의 가스 센서를 포함한 센서부; 상기 연질 인장기판 상에서 상기 센서부로부터 이격되고, 다수의 캐패시터를 배열 포함한 전원 충전부; 및 상기 연질 인장기판 상에서 상기 가스 센서와 캐패시터에 연결된 다수의 패드를 포함한 패드부;를 포함한다.
- [0013] 본 발명의 일실시예에 따른 통합형 가스 센서 모듈에서 상기 연질 인장기판은 상기 센서부, 전원 충전부 및 패드부 각각에 대응하고, 네거티브형 PR(Photo Resist)로 형성된 다수의 플랫폼 패턴; 및 연질 재질로 형성되고, 상기 플랫폼 패턴 각각을 아래, 위에서 감싸 접합한 하부 연질층과 상부 연질층으로 이루어진 연질 인장부;를 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [0014] 본 발명의 일실시예에 따른 통합형 가스 센서 모듈에서 상기 연질 인장부는 0.4 ~ 0.5의 푸아송비(Poisson's ratio)를 갖는 수지 재질로 형성되는 것을 특징으로 한다.
- [0015] 본 발명의 일실시예에 따른 통합형 가스 센서 모듈에서 상기 가스 센서는 그래핀(Graphene)으로 이루어지고 다수의 굴곡을 갖는 감지 패턴; 및 상기 감지 패턴의 양 단부가 각각 연결된 양측의 전극;을 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [0016] 본 발명의 일실시예에 따른 통합형 가스 센서 모듈에서 상기 캐패시터는 캐리어 기판 상에 전도성 금속으로 형성된 제 1 전극 패턴 및 전도성 고분자(Conducting polymer)와 다중벽 탄소나노튜브 재질을 포함하여 형성된 제 2 전극 패턴이 중첩 형성된 양측 전극; 및 상기 캐리어 기판 상에 상기 양측 전극을 덮는 전해질층;을 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [0017] 본 발명의 일실시예에 따른 통합형 가스 센서 모듈에서 상기 전해질층은 [EMIM][TFSI](1-ethyl-3-methylimidazolium bis(trifluoromethylsulfonyl)imide), PEGDA(Polyethylene Glycol Diacrylate) 및 HOMPP(2-hydroxy-2-methylpropiophenone)를 각각 88:8:4의 비율로 섞어 마련한 이온성겔(ionogel) 전해질을 이용하여 형성되는 것을 특징으로 한다.
- [0018] 본 발명의 일실시예에 따른 통합형 가스 센서 모듈에서 상기 센서부, 전원 충전부 및 패드부는 굴곡 형태(serpentine type)의 전도성 패턴에 의해 전기적으로 서로 연결되는 것을 특징으로 한다.
- [0019] 또한, 본 발명의 다른 실시예에 따른 통합형 가스 센서 모듈의 제조방법은 (i) 연질 인장기판을 제조하는 단계; (ii) 캐리어 기판 상에 센서부, 전원 충전부 및 패드부를 형성하는 단계; 및 (iii) 상기 연질 인장기판에 상기 센서부, 전원 충전부 및 패드부를 형성한 캐리어 기판을 접합 전이하고, 가스 센서 모듈을 형성하는 단계;를 포함한다.
- [0020] 본 발명의 다른 실시예에 따른 통합형 가스 센서 모듈의 제조방법에서 상기 (i) 단계는 (i-1) 주형 기판의 상부에 하부 연질층을 형성하는 단계; (i-2) 상기 하부 연질층 상에 네거티브형 PR(Photo Resist)을 이용하여 플랫폼 패턴을 다수 형성하는 단계; (i-3) 상기 하부 연질층의 상부면에 상기 플랫폼 패턴을 덮는 상부 연질층을 도포 형성하는 단계; 및 (i-4) 상기 주형 기판으로부터 상기 하부 연질층과 상부 연질층을 포함한 구조체를 분리 분리하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [0021] 본 발명의 다른 실시예에 따른 통합형 가스 센서 모듈의 제조방법에서 상기 하부 연질층과 상부 연질층은 0.4 ~ 0.5의 푸아송비(Poisson's ratio)를 갖는 수지 재질로 형성되는 것을 특징으로 한다.
- [0022] 본 발명의 다른 실시예에 따른 통합형 가스 센서 모듈의 제조방법에서 상기 (ii) 단계는 (ii-1) 하부 캐리어 기

판의 상부면에 전도성 금속을 PVD(Physical Vapor Deposition) 방법으로 증착하고, 패터닝 공정을 거쳐 다수의 전도성 패턴과 제 1 전극 패턴을 형성하는 단계; (ii-2) 상기 제 1 전극 패턴을 노출시키고, 상기 다수의 전도성 패턴을 덮는 상부 캐리어 기판을 상기 하부 캐리어 기판 상에 형성하는 단계; 및 (ii-3) 상기 제 1 전극 패턴의 상부면에 MWNT(multi-walled carbon nanotube) 층과 전도성 고분자(Conducting polymer) 층으로 이루어진 제 2 전극 패턴을 중첩 형성하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0023] 본 발명의 다른 실시예에 따른 통합형 가스 센서 모듈의 제조방법에서 상기 (ii) 단계는 (ii-4) 니켈 필름 상에 형성된 그래핀층에 대해 PMMA(Poly(methyl methacrylate)) 용액을 도포하고 경화시키는 단계; (ii-5) 상기 니켈 필름을 제거하는 단계; (ii-6) 상기 그래핀층과 PMMA 구조체를 하부 캐리어 기판에 전이하는 단계; (ii-7) 상기 PMMA를 제거하는 단계; 및 (ii-8) 상기 하부 캐리어 기판에 전이된 그래핀층에 대해 패터닝 공정을 수행하여 구불구불한 형태를 갖는 감지 패턴을 형성하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0024] 본 발명의 다른 실시예에 따른 통합형 가스 센서 모듈의 제조방법에서 상기 (iii) 단계는 (iii-1) 적어도 하나의 가스 센서를 포함한 센서부, 다수의 제 2 전극 패턴을 구비한 전원 충전부 및 다수의 패드를 구비한 패드부를 형성한 캐리어 기판의 구조체를 상기 연결 인장기판으로 전이하는 단계; (iii-2) 패터닝 공정을 수행하여, 상기 센서부, 상기 전원 충전부 및 상기 패드부를 제외한 부분의 캐리어 기판을 제거하는 단계; 및 (iii-3) 상기 다수의 제 2 전극 패턴이 형성된 전원 충전부의 상부에 전해질층을 형성하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0025] 본 발명의 다른 실시예에 따른 통합형 가스 센서 모듈의 제조방법에서 상기 (iii-1) 단계는 테이프 전이 방법을 이용하여 상기 캐리어 기판의 구조체를 상기 연결 인장기판으로 전이하는 것을 특징으로 한다.

[0026] 본 발명의 다른 실시예에 따른 통합형 가스 센서 모듈의 제조방법에서 상기 (iii-3) 단계의 전해질층은 [EMIM][TFSI](1-ethyl-3-methylimidazolium bis(trifluoromethylsulfonyl)imide), PEGDA(Polyethylene Glycol Diacrylate) 및 HOMPP(2-hydroxy-2-methylpropiophenone)를 각각 88:8:4의 비율로 섞어 마련한 이온성 겔(ionogel) 전해질을 이용하여 형성되는 것을 특징으로 한다.

[0027] 본 발명의 특징 및 이점들은 첨부도면에 의거한 다음의 상세한 설명으로 더욱 명백해질 것이다.

[0028] 이에 앞서, 본 명세서 및 청구범위에 사용된 용어나 단어는 통상적이고, 사전적인 의미로 해석되어서는 아니 되며, 발명자가 그 자신의 발명을 가장 최선의 방법으로 설명하기 위해 용어의 개념을 적절하게 정의할 수 있다는 원칙에 입각하여 본 발명의 기술적 사상에 부합되는 의미와 개념으로 해석되어야만 한다.

발명의 효과

[0029] 본 발명의 일실시예에 따른 통합형 가스 센서 모듈은 연결 인장기판을 이용하여 3차원으로 신축성과 휘어짐을 갖고, 이러한 연결 인장기판 상에 많은 에너지를 저장할 수 있는 다수의 캐패시터와 함께 동일 회로에 통합 집적된 가스 센서를 형성하여, 외부 전원에 연결할 필요없이 자체적으로 저장된 전원을 이용한 가스 감지를 수행할 수 있는 효과가 있다.

[0030] 또한, 본 발명의 일실시예에 따른 통합형 가스 센서 모듈은 향후 웨어러블(wearable) 기기에 사용될 수 있고, 변형 가능한 센서 어플리케이션 응용에 큰 가능성을 제시할 수 있는 효과가 있다.

[0031] 본 발명의 다른 실시예에 따른 통합형 가스 센서 모듈의 제조방법은 연결 인장기판을 이용하여 3차원으로 신축성과 휘어짐을 갖고, 이러한 연결 인장기판 상에 많은 에너지를 저장할 수 있는 다수의 캐패시터와 함께 동일 회로에 통합 집적된 가스 센서를 용이하게 형성할 수 있는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

[0032] 도 1은 종래의 가스 센서의 구조를 나타낸 예시도.

도 2는 본 발명의 일실시예에 따른 통합형 가스 센서 모듈과 각 영역을 나타낸 도면.

도 3은 도 2에 도시된 가스 센서 영역에서의 동작을 나타낸 도면.

도 4a 내지 도 4k는 본 발명의 다른 실시예에 따른 통합형 가스 센서 모듈의 제조방법을 설명하기 위한 공정 예시도들.

도 5는 도 4k의 A-A선을 따라 절단한 단면을 나타낸 단면도.

도 6은 본 발명의 일실시예에 따른 통합형 가스 센서 모듈을 반복적으로 인장신축한 경우의 특성을 나타낸 도면

들.

도 7은 본 발명의 일실시예에 따른 통합형 가스 센서 모듈에서 캐패시터의 동작여부에 따른 특성을 나타낸 도면들.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0033] 본 발명의 목적, 특정한 장점들 및 신규한 특징들은 첨부된 도면들과 연관되는 이하의 상세한 설명과 바람직한 실시예로부터 더욱 명백해질 것이다. 본 명세서에서 각 도면의 구성요소들에 참조번호를 부가함에 있어서, 동일한 구성 요소들에 한해서는 비록 다른 도면상에 표시되더라도 가능한 한 동일한 번호를 가지도록 하고 있음에 유의하여야 한다. 또한, 제1, 제2 등의 용어는 다양한 구성요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 상기 구성요소들은 상기 용어들에 의해 한정되어서는 안 된다. 상기 용어들은 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하는 목적으로만 사용된다. 또한, 본 발명을 설명함에 있어서, 관련된 공지 기술에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우 그 상세한 설명은 생략한다.
- [0034] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예를 상세히 설명하기로 한다. 도 2는 본 발명의 일실시예에 따른 통합형 가스 센서 모듈과 각 영역을 나타낸 도면이고, 도 3은 도 2에 도시된 가스 센서 영역에서의 동작을 나타낸 도면이다.
- [0035] 본 발명의 일실시예에 따른 통합형 가스 센서 모듈(100)은 연질 인장기관 상에서 일측에 적어도 하나의 가스 센서(110)를 구비한 센서부, 센서부로부터 이격되고 다수의 캐패시터(120)를 배열 구비한 전원 충전부 및 테두리를 따라 가스 센서(110)와 캐패시터(120)에 연결된 다수의 패드(130)를 구비한 패드부를 포함한다. 여기서, 가스 센서(110), 캐패시터(120) 및 패드(130)는 굴곡 형태(serpentine type)의 전도성 패턴(105)을 이용하여 서로 전기적으로 연결된다.
- [0036] 구체적으로, 연질 인장기관은 후술할 도 5에서처럼 센서부, 전원 충전부 및 패드부 각각에 대응하고 네거티브형 PR(Photo Resist)로 형성되어 인장 정도를 조절하는 플랫폼 패턴(103) 및 연질 재질로 형성되어 플랫폼 패턴(103) 각각을 아래, 위에서 감싸 집합한 하부 연질층(102-1)과 상부 연질층(102-2)으로 이루어진 연질 인장부(102)를 포함한다.
- [0037] 이러한 연질 인장부(102)는 예컨대 0.4 ~ 0.5의 푸아송비(Poisson's ratio), 바람직하게 0.49의 푸아송비를 갖는 수지 재질로 형성될 수 있다. 이러한 연질 인장부(102)는 3차원으로 인장되고 다시 원상태로 수축될 수 있으며, 이때 플랫폼 패턴(103)에 의해 인장 정도가 제한될 수 있다.
- [0038] 가스 센서(110)는 캐리어 기판(121) 상에 도 3에 도시된 바와 같이 그래핀(Graphene)으로 이루어지고 다수의 굴곡을 갖는 감지 패턴(115) 및 감지 패턴(115)의 양 단부가 각각 연결된 양측의 전극을 포함한다.
- [0039] 감지 패턴(115)을 구성하는 그래핀은 탄소 원자들이 2차원 허니컴의 육각형 구조로서 각각 SP² 공유 결합을 가지고 있다. 이러한 그래핀은 높은 부피대 표면적 비율(high surface to volume ratio), 고전도성(high conductivity), 낮은 존슨 노이즈(low Johnson noise) 및 낮은 플리커 노이즈(low 1/f noise)와 같은 특성을 갖고 있다.
- [0040] 이런 그래핀으로 제작된 감지 패턴(115)은 표면에 원자를 드러내고 있어서, 민감도가 단일 분자 수준으로 아주 적은 에너지로 실온에서도 가스와 반응할 수 있고, 그래핀의 고전도성에 의해 약간의 전하 운반체에도 눈에 띄는 전도성 또는 센서 신호의 변화를 전극, 도전성 패턴(105) 및 패드(130)를 거쳐 출력할 수 있다.
- [0041] 캐패시터(120)는 후술할 도 5에서 캐리어 기판(121) 상에 전도성 금속으로 형성된 제 1 전극 패턴(122)과 전도성 고분자(Conducting polymer)가 다중벽 탄소나노튜브를 감싼 재질로 형성된 제 2 전극 패턴(124)으로 중첩 형성된 양측 전극 및 캐리어 기판(121) 상에 양측 전극을 덮어 구비된 전해질층(126)을 포함한다.
- [0042] 제 1 전극 패턴(122)은 예컨대 금, 은, 구리 등의 전도성 금속 재질로 다수 형성되고 굴곡 형태(serpentine type)의 전도성 패턴(105)에 의해 전기적으로 연결된다.
- [0043] 제 2 전극 패턴(124)은 이러한 제 1 전극 패턴(122)에 중첩하는 형태로서, 제 1 전극 패턴(122) 상에 MWNT(multi-walled carbon nanotube)을 코팅하고, 전기화학적 성능향상을 위해 전도성 고분자(Conducting polymer) 중 하나인 폴리아닐린(Polyaniline)을 증착하여, 폴리아닐린이 MWNT를 감싸는 PWM(Polyaniline wrapped Multiwalled-carbon nanotube) 형태의 재질로 형성할 수 있다. 물론, 폴리아닐린 이외에 다른 전도성 고분자, 예를 들어 폴리아세틸렌(polyacetylene), 폴리피롤(polypyrrole), 폴리티오펜(polythiophene), 폴리

설퍼니트라이드(polysulfurnitride), PPV(Polyphenylenevinylene), PEDOT:PSS 등을 이용할 수도 있다.

- [0044] 전해질층(126)은 예를 들어 UV를 이용한 패터닝 공정이 가능한 이온성겔(ionogel) 전해질을 이용하여 형성할 수 있다.
- [0045] 이렇게 구성된 다수의 캐패시터(120)는 캐리어 기판(121) 상에서 그래핀 기반의 가스 센서(110)와 함께 집적되고, 굴곡 형태의 전도성 패턴(105)에 의해 서로 병렬연결되며, 예컨대 1.2V 이하의 전압범위에서 가스 센서(110)에 전원을 공급할 수 있다.
- [0046] 패드(130)는 캐리어 기판(121)의 상부면에 전도성 금속을 패터닝하여 형성되고 굴곡 형태의 전도성 패턴(105)에 의해 가스 센서(110)와 캐패시터(120)에 전기적으로 연결된다. 이러한 패드(130)를 이용하여 가스 센서(110)로부터 전도성 또는 센서 신호의 변화를 출력하거나 또는 다수의 캐패시터(120)에 전기에너지를 인가할 수 있다.
- [0047] 이와 같이 구성된 본 발명의 일실시예에 따른 통합형 가스 센서 모듈(100)은 연질 인장기판을 이용하여 3차원으로 신축성과 휘어짐을 갖고, 이러한 연질 인장기판 상에 많은 에너지를 저장할 수 있는 다수의 캐패시터(120)와 함께 동일 회로에 통합 집적된 가스 센서(110)를 형성하여, 외부 전원에 연결할 필요없이 자체적으로 저장된 전원을 이용한 가스 감지를 수행할 수 있다.
- [0048] 이에 따라 본 발명의 일실시예에 따른 통합형 가스 센서 모듈(100)은 향후 웨어러블(wearable) 기기에 사용될 수 있고, 변형 가능한 센서 어플리케이션 응용에 큰 가능성을 제시할 수 있다.
- [0049] 이하, 본 발명의 다른 실시예에 따른 통합형 가스 센서 모듈의 제조방법에 대해 도 4a 내지 도 5를 참조하여 설명한다. 도 4a 내지 도 4k는 본 발명의 다른 실시예에 따른 통합형 가스 센서 모듈의 제조방법을 설명하기 위한 공정 예시도들이고, 도 5는 도 4k의 A-A선을 따라 절단한 단면을 나타낸 단면도이다.
- [0050] 본 발명의 다른 실시예에 따른 통합형 가스 센서 모듈의 제조방법은 (i)연질 인장기판을 제조하는 과정, (ii)캐리어 기판(121) 상에 센서부, 전원 충전부 및 패드부를 형성하는 과정 및 (iii)연질 인장기판에 센서부, 전원 충전부 및 패드부를 형성한 캐리어 기판(121)을 접합 전이하여 가스 센서 모듈을 형성하는 과정으로 구분할 수 있다. 여기서 (i)과정과 (ii)과정은 각각 별도로 수행하거나 동시에 수행할 수 있다.
- [0051] 본 발명의 다른 실시예에 따른 통합형 가스 센서 모듈의 제조방법은 먼저 (ii)캐리어 기판(121) 상에 센서부, 전원 충전부 및 패드부를 형성하는 과정을 수행한다.
- [0052] 구체적으로, 본 발명의 다른 실시예에 따른 통합형 가스 센서 모듈의 제조방법은 도 4a에 도시된 바와 같이 지지대(도시하지 않음)에 구비된 하부 캐리어 기판(121-1)의 상부면에 전도성 금속을 PVD(Physical Vapor Deposition) 방법으로 증착하고, 포토리소그래피 공정, 에칭 공정 및 클리닝 공정을 통해 다수의 전도성 패턴(105)과 제 1 전극 패턴(122)을 형성한다.
- [0053] 이때, 하부 캐리어 기판(121-1)은 후술할 상부 캐리어 기판(121-2)과 동일한 재질로서, 박막 패터닝(patterning)이 수행될 수 있는 재질 즉, 1 μ m 이하의 박막 형태로 형성될 수 있고, 포토리소그래피 공정과 에칭 공정을 수행할 수 있는 재질을 이용할 수 있다.
- [0054] 이러한 하부 캐리어 기판(121-1)과 상부 캐리어 기판(121-2)의 재질은 예컨대 폴리스티렌(PS) 수지, ABS 수지(acrylonitrile butadiene styrene copolymer), SBS 블록수지(Styrene-Butadiene-Styrene Block Copolymer), EVA 수지(Ethylene Vinyl Acetate Copolymer), PE, PP, PVC, TPU, PI(Poly(pyromellitic dianhydride-co-4,4'-oxydianiline:N-Methyl-2-pyrrolidone=4:1), 폴리아미드, 폴리에스테르, 실리콘(silicone) 수지 중에 하나의 수지이거나, 또는 이들 중 적어도 2종의 조합인 공중합체 또는 블렌드를 이용할 수 있다.
- [0055] 이어서, 도 4b에 도시된 바와 같이 제 1 전극 패턴(122) 영역 만을 노출시키고 다수의 전도성 패턴(105)을 덮는 상부 캐리어 기판(121-2)을 하부 캐리어 기판(121-1) 상에 형성한다.
- [0056] 이후, 제 2 전극 패턴(124)을 형성하기 위해 도 4c에 도시된 바와 같이 제 1 전극 패턴(122)의 상부면에 MWNT(multi-walled carbon nanotube) 층(124-1)을 형성한다.
- [0057] 구체적으로, MWNT 층(124-1)은 예컨대 산 처리과정을 거쳐 카르복실 그룹 기능이 달린 다중벽 탄소나노튜브(Carboxylic acid group(-COOH) functionalized MWNT) 용액을 노출된 제 1 전극 패턴(122)의 상부면에 스프레이 코팅하여 형성할 수 있다.

- [0058] 이렇게 형성된 MWNT 층(124-1)에 대해 도 4d에 도시된 바와 같이 상부에 전도성 고분자를 증착하여 전도성 고분자층(124-2)을 형성한다. 여기서, 전도성 고분자층(124-2)을 형성하기 위한 전도성 고분자는 예컨대 폴리아닐린(Polyaniline), 폴리아세틸렌(polyacetylene), 폴리피롤(polypyrrole), 폴리티오펜(polythiophene), 폴리설파니트라이드(polysulfurnitride), PPV(Polyphenylenevinylene), PEDOT:PSS 등을 이용할 수 있다.
- [0059] 물론 제 2 전극 패턴(124)은 상술한 MWNT 층(124-1)과 전도성 고분자층(124-2)의 2층 구조 이외에, 다중벽 탄소나노튜브(MWNT)와 전도성 고분자를 혼합한 재질을 이용하여 단일층 구조로 형성할 수도 있다.
- [0060] 이러한 제 2 전극 패턴(124)까지의 제조 공정 이후에, 가스 센서(110)를 형성하는 공정을 수행한다. 여기서, 가스 센서(110)를 형성하는 공정은 예컨대 PMMA(Poly(methyl methacrylate))를 이용한 전이 방법을 사용할 수 있다.
- [0061] 구체적으로, PMMA를 이용한 전이 방법은 먼저 CVD 방법에 의해 예를 들어 니켈 필름 위에 그래핀층을 형성한다. 이렇게 니켈 필름 위에 형성된 그래핀층에 대해 예컨대 4.6 g의 PMMA를 100 ml의 클로로벤젠에 녹여서 만든 PMMA 용액을 스핀코팅(spincoating)하여 도포한 후에 경화(curing)한다. 다음으로 3 몰의 HCl 용액을 이용하여 니켈 필름을 제거한다.
- [0062] 이후, 니켈 필름이 제거된 PMMA/그래핀층은 상술한 하부 캐리어 기판(121-1)으로 전이하고 68℃의 주위 온도에서 15 분간 건조한다. 다음으로 아세톤을 이용하여 PMMA를 제거하므로, 최종적으로 하부 캐리어 기판(121-1) 상에 전이된 그래핀층을 얻을 수 있다.
- [0063] 이렇게 하부 캐리어 기판(121-1)에 전이된 그래핀층에 대해 포토리소그래피 공정과 RIE 공정을 포함한 패터닝 공정을 수행하여, 도 3에 도시된 좁고 구불구불한 형태를 갖는 감지 패턴(115)을 형성한다.
- [0064] 이러한 과정과는 별도로 (i) 연질 인장기판을 제조하는 과정을 수행한다.
- [0065] 구체적으로, 연질 인장기판을 제조하는 과정은 도 4e에 도시된 바와 같이 주형 기판(101)의 상부에 하부 연질층(102-1)을 형성한다. 이러한 하부 연질층(102-1)은 예컨대 0.4 ~ 0.5의 푸아송비(Poisson's ratio), 바람직하게 0.49의 푸아송비를 갖는 수지 재질을 이용하여 형성될 수 있다. 여기서, 주형 기판(101)은 예컨대 Si/SiO₂로 이루어진 기판이고, 하부 연질층(102-1)은 예컨대 폴리올레핀을 이용하여 형성될 수 있다.
- [0066] 하부 연질층(102-1)을 형성한 후, 도 4f에 도시된 바와 같이 하부 연질층(102-1) 상에 네거티브형 PR(Photo Resist)을 이용하여 플랫폼 패턴(103)을 다수 형성한다.
- [0067] 이러한 플랫폼 패턴(103)은 센서부 영역, 전원 충전부 영역 및 패드부 영역 각각에 위치 대응하여 네거티브형 PR을 도포하고 패터닝 공정을 수행하여 형성할 수 있다. 즉, 네거티브형 PR을 하부 연질층(102-1) 상에 스핀코팅하여 도포하고, 95 °C의 온도로 90분 동안 소프트 베이킹(soft baking)하며, UV 리소그래피 공정을 수행하며, PEB(post exposure bake)와 디벨로프(develop) 과정을 수행한다. 이후, 예컨대 아이소프로필 알코올(Isopropyl Alcohol)과 DI 워터(water)를 포함한 세정액을 이용하여 세척 공정을 수행한다.
- [0068] 플랫폼 패턴(103)을 다수 형성한 후, 도 4g에 도시된 바와 같이 플랫폼 패턴(103)을 덮도록 하부 연질층(102-1)의 상부면에 상부 연질층(102-2)을 도포 형성한다. 여기서, 상부 연질층(102-2)은 하부 연질층(102-1)과 동일한 재질로서, 예컨대 0.4 ~ 0.5의 푸아송비, 바람직하게 0.49의 푸아송비를 갖는 수지 재질을 이용하여 형성될 수 있다.
- [0069] 플랫폼 패턴(103) 각각을 덮는 상부 연질층(102-2)을 형성한 후, 도 4h에 도시된 바와 같이 주형 기판(101)으로부터 하부 연질층(102-1)과 상부 연질층(102-2)을 포함한 구조체를 박리 분리하여, 연질 인장기판을 제조할 수 있다.
- [0070] 이렇게 연질 인장기판을 마련한 후, 도 4i에 도시된 바와 같이 적어도 하나의 가스 센서(110)를 포함한 센서부, 다수의 제 2 전극 패턴(124)을 구비한 전원 충전부 및 다수의 패드(130)를 구비한 패드부를 형성한 캐리어 기판(121)의 구조체를 연질 인장기판으로 전이한다. 여기서, 캐리어 기판(121)의 구조체를 연질 인장기판으로 전이하기 위한 방법은 예컨대 테이프 전이 방법을 이용하여 쉽게 수행할 수 있으며, 물론 다른 여타의 전이 방법을 사용할 수도 있다.
- [0071] 캐리어 기판(121)의 구조체를 연질 인장기판으로 전이한 후, 도 4j에 도시된 바와 같이 패터닝 공정을 수행하여, 센서부 영역, 전원 충전부 영역 및 패드부 영역을 제외한 부분의 캐리어 기판(121)을 제거한다. 이때, 패터닝 공정은 RIE 공정을 포함할 수 있고, RIE 공정은 20 sccm의 O₂ 분위기, 200 mTorr의 압력 및 200 W

의 전력에서 6분 20초 동안 수행할 수 있다.

- [0072] 이후, 도 4k에 도시된 바와 같이, 다수의 제 2 전극 패턴(124)이 형성된 전원 충전부의 상부에 전해질층(126)을 형성한다.
- [0073] 구체적으로, 전해질층(126)은 예를 들어 UV를 이용한 패턴링 공정이 가능한 이온성겔(ionogel) 전해질을 이용하여 형성할 수 있다. 이러한 이온성겔 전해질은 예컨대 [EMIM][TFSI](1-ethyl-3-methylimidazolium bis(trifluoromethylsulfonyl)imide), PEGDA(Polyethylene Glycol Diacrylate) 및 HOMPP(2-hydroxy-2-methylpropiophenone)를 각각 88:8:4의 비율로 섞어 마련할 수 있다.
- [0074] 이렇게 마련된 이온성겔 전해질을 다수의 제 2 전극 패턴(124)이 형성된 전원 충전부의 상부에 도포한 후, UV 리소그래피 공정을 포함한 패턴링 공정을 수행하여, 도 4k의 A-A 선을 따라 절단한 단면을 나타낸 도 5에서처럼 다수의 제 2 전극 패턴(124)이 형성된 전원 충전부의 상부에 전해질층(126)을 형성할 수 있다.
- [0075] 이와 같이 본 발명의 다른 실시예에 따른 통합형 가스 센서 모듈의 제조방법에 따라 제조된 가스 센서 모듈은 도 4a 내지 도 4c에서처럼 인장될 수 있고, 이때 40%까지 인장 정도에 따라 각각 전압전류관계(voltammetry), 충방전 변화(charge and discharge curve) 및 캐패시턴스(capacitance) 변화를 도 4d 내지 도 4f에 도시할 수 있다.
- [0076] 또한, 가스 센서 모듈을 40%로 1000회까지 반복적으로 인장 테스트한 경우에 각각 전압전류관계, 충방전 변화 및 캐패시턴스 변화를 도 4g 내지 도 4i에 도시할 수 있다.
- [0077] 따라서, 도 4d 내지 도 4i에 도시된 그래프를 통해, 본 발명의 다른 실시예에 따른 통합형 가스 센서 모듈의 제조방법에 따라 제조된 통합형 가스 센서 모듈은 전기화학적 특성과 물리적인 특성이 변동되지 않고 안정적으로 유지할 수 있다.
- [0078] 이러한 본 발명의 통합형 가스 센서 모듈에 대해 외부에서 1V를 인가하여 구동한 경우에 NO₂ 가스 셀브의 상태 변화에 따른 전류량 변화, 가스가 유입되지 않았을 때의 전류량(I_{air})과 가스가 유입되었을 때의 전류량(I_{gas}) 차이의 그래프 및 인장 정도에 따른 센서의 민감도와 전류량 변화를 각각 도 7a 내지 도 7c에 도시한다.
- [0079] 반면에, 본 발명의 통합형 가스 센서 모듈에서 다수의 캐패시터(120)를 배열한 전원 충전부에 충전된 전원을 이용하여 구동한 경우에 NO₂ 가스 셀브의 상태 변화에 따른 전류량 변화, 가스가 유입되지 않았을 때의 전류량(I_{air})과 가스가 유입되었을 때의 전류량(I_{gas}) 차이의 그래프 및 인장 정도에 따른 센서의 민감도와 전류량 변화를 각각 도 7d 내지 도 7f에 도시한다.
- [0080] 이에 따라, 도 7을 통해 NO₂ 가스의 유입과 동시에 전류량이 증가하고 NO₂ 가스의 유입이 멈추면서 전류량이 감소함을 알 수 있고, 전원 충전부에 충전된 전원을 이용하여 구동한 경우에 전류량이 감소함을 보이지만, 가스 센서를 안정적으로 구동하는 것을 알 수 있다.
- [0081] 따라서, 본 발명의 다른 실시예에 따른 통합형 가스 센서 모듈의 제조방법은 연질 인장기관을 이용하여 3차원으로 신축성과 휘어짐을 갖고, 이러한 연질 인장기관 상에 많은 에너지를 저장할 수 있는 다수의 캐패시터(120)와 함께 동일 회로에 통합 집적된 가스 센서(110)를 용이하게 형성할 수 있다.
- [0082] 본 발명의 기술사상은 상기 바람직한 실시예에 따라 구체적으로 기술되었으나, 전술한 실시예들은 그 설명을 위한 것이며, 그 제한을 위한 것이 아님을 주의하여야 한다.
- [0083] 또한, 본 발명의 기술분야의 통상의 전문가라면 본 발명의 기술사상의 범위 내에서 다양한 실시가 가능함을 이해할 수 있을 것이다.

부호의 설명

- [0084] 100: 통합형 가스 센서 모듈 103: 플랫폼 패턴
- 105: 전도성 패턴 110: 가스 센서
- 115: 감지 패턴 120: 캐패시터
- 121: 캐리어 기관 122: 제 1 전극 패턴

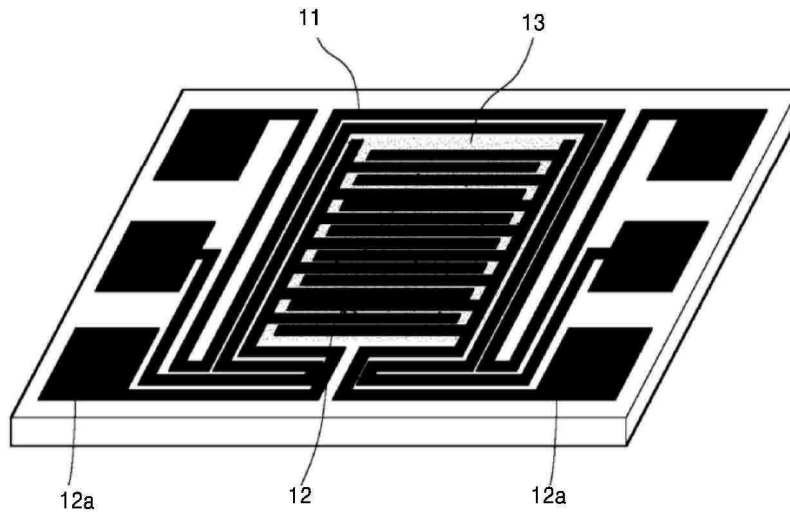
124: 제 2 전극 패턴

126: 전해질층

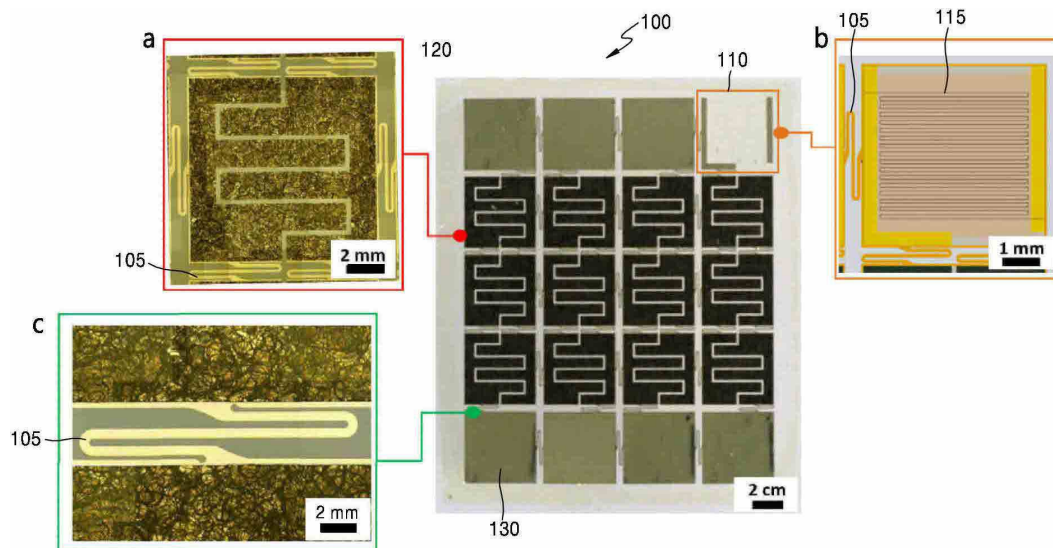
130: 패드

도면

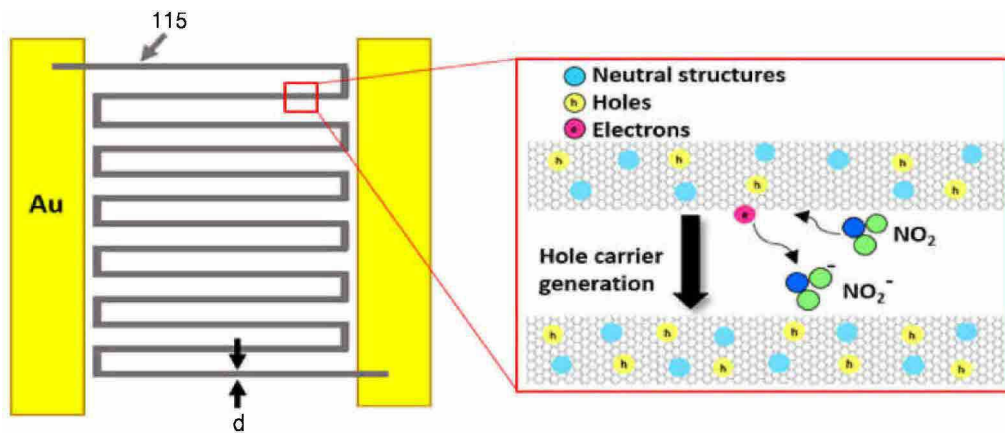
도면1



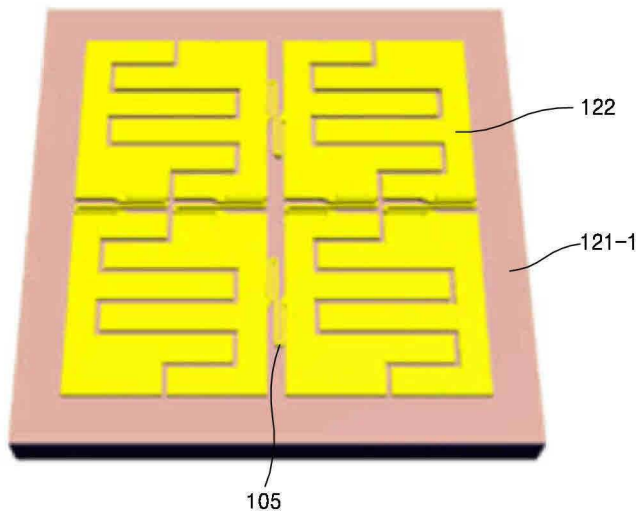
도면2



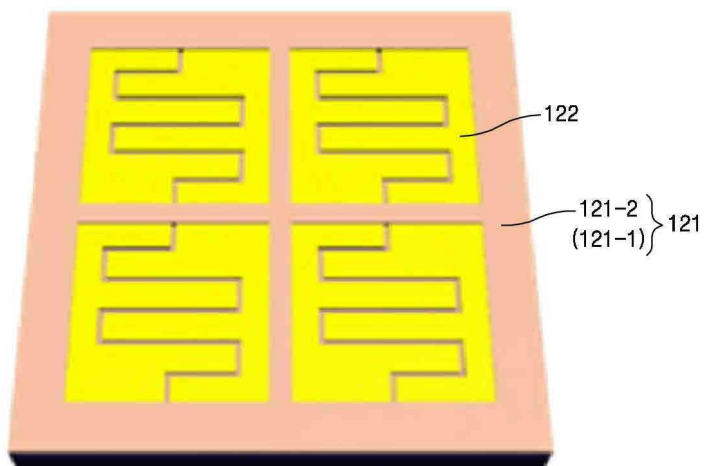
도면3



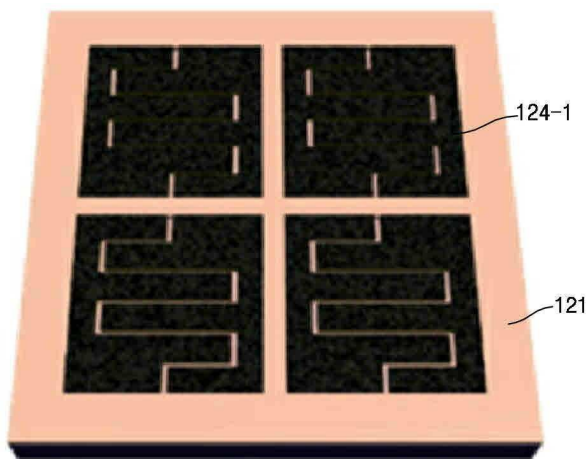
도면4a



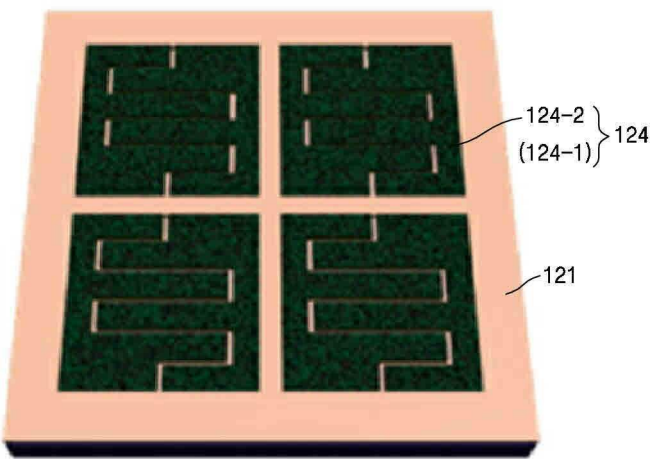
도면4b



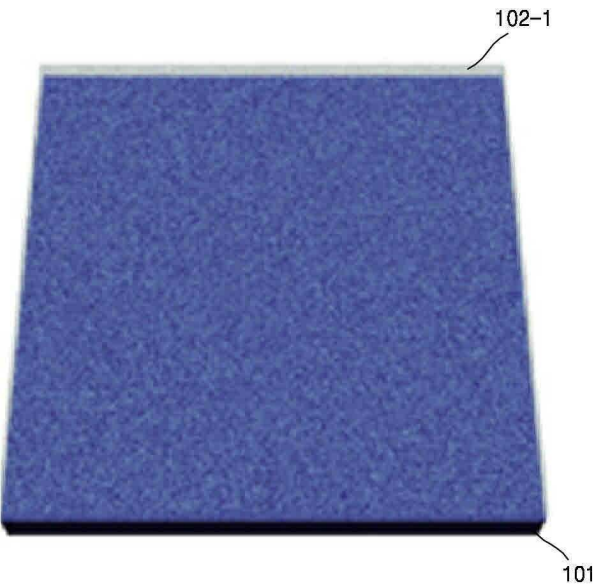
도면4c



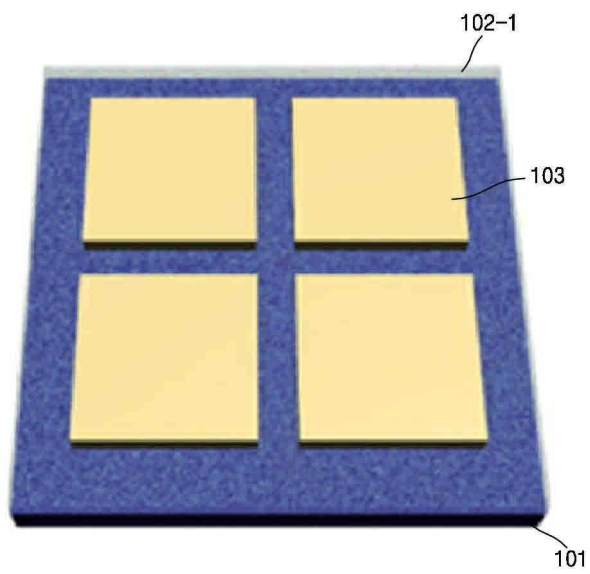
도면4d



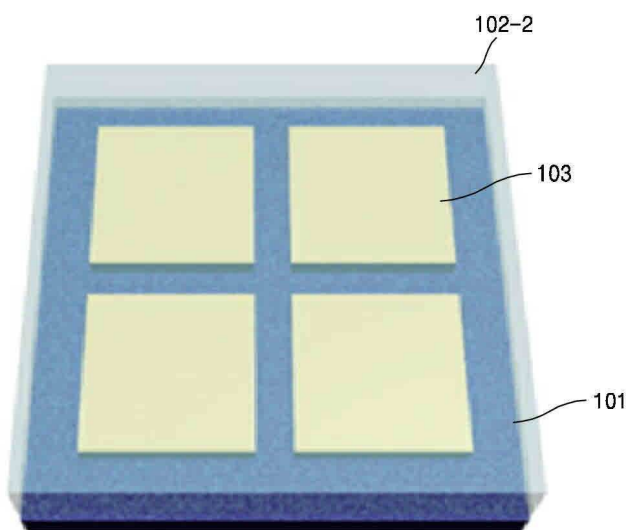
도면4e



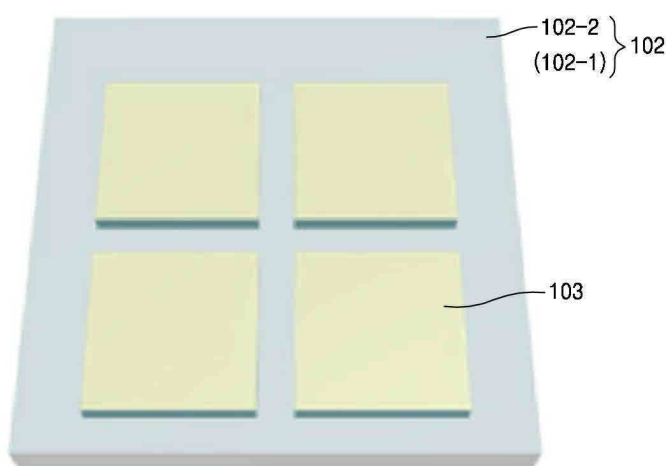
도면4f



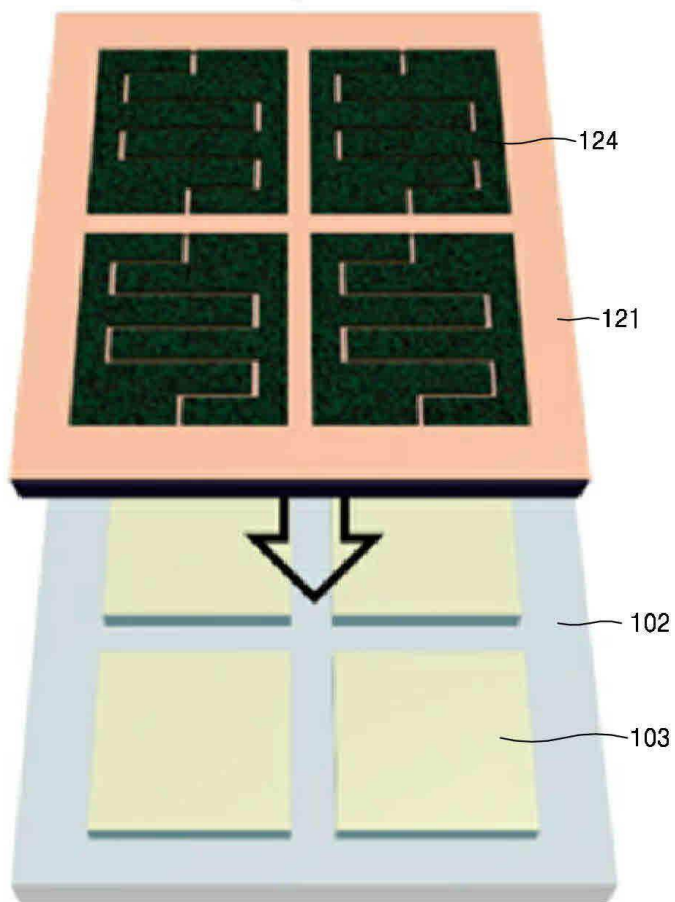
도면4g



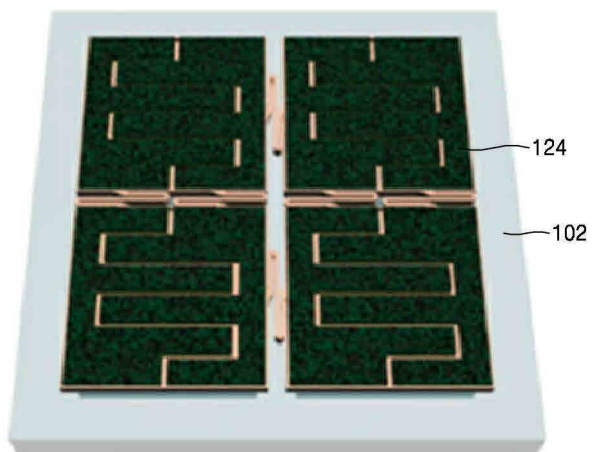
도면4h



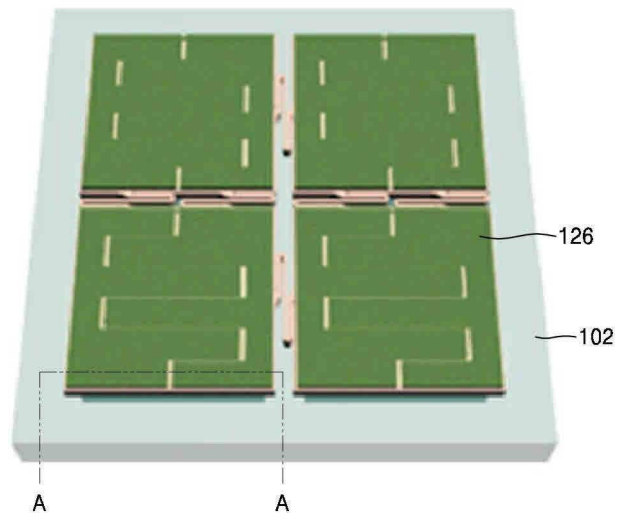
도면4i



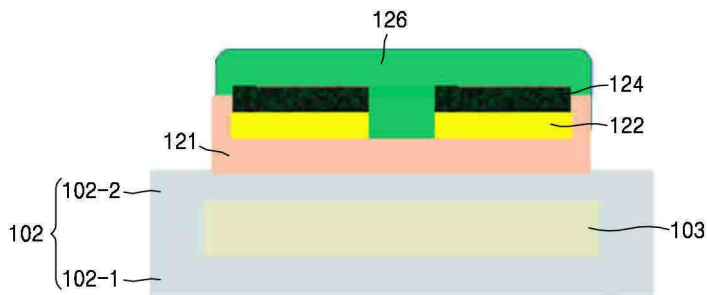
도면4j



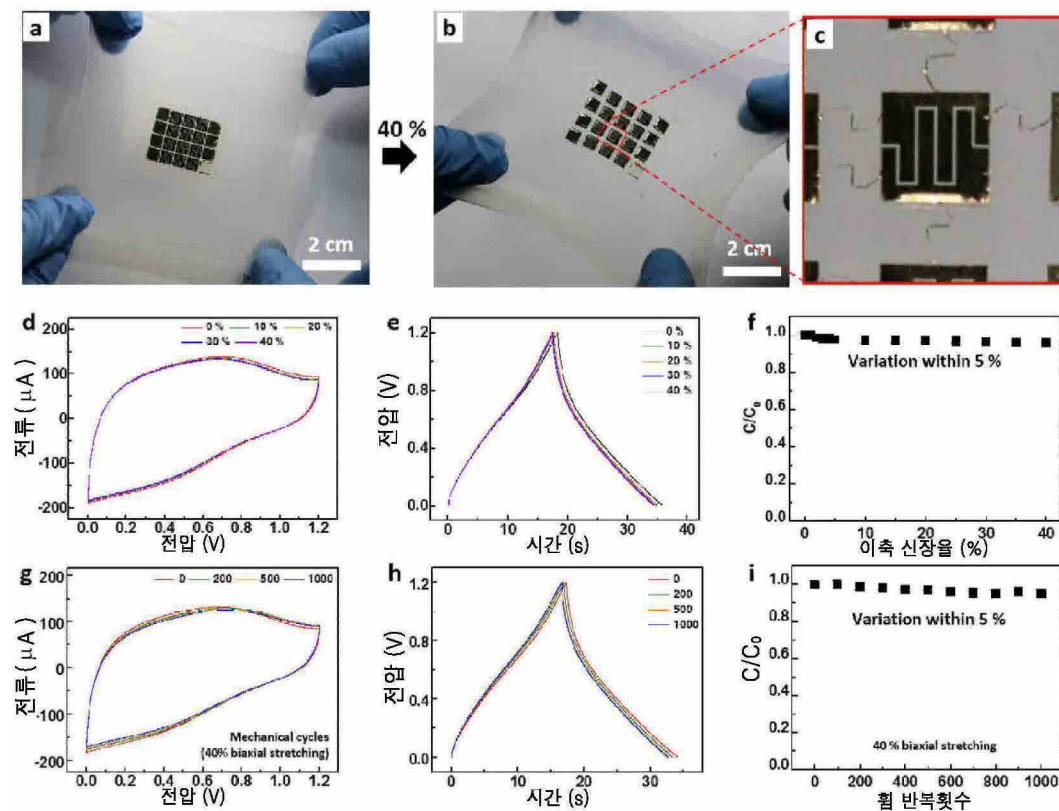
도면4k



도면5



도면6



도면7

