



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2014년09월02일
(11) 등록번호 10-1436748
(24) 등록일자 2014년08월26일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

H01L 29/00 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2013-0076155

(22) 출원일자 2013년06월29일

심사청구일자 2013년06월29일

(56) 선행기술조사문헌

KR1020100004363 A*

KR1020110092092 A

KR1020130029352 A

JP2012169469 A

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

고려대학교 산학협력단

서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동5가)

(72) 발명자

김규태

경기도 안양시 동안구 부림로 13 꿈마을현대아파트 606동 603호

유민열

서울 성북구 개운사2길 13, (안암동5가)

(74) 대리인

이동건

전체 청구항 수 : 총 13 항

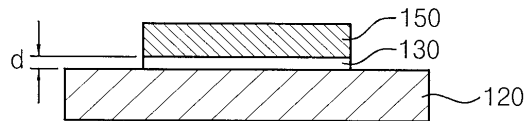
심사관 : 권성호

(54) 발명의 명칭 고체 전해질 전극 구조물, 이의 형성 방법 및 이를 포함하는 저항 가변형 스위칭 소자

(57) 요약

고체 전해질 전극 구조물은, 금속 이온으로 이온화되어 이온 전도도를 가질 수 있는 도전성 재료로 이루어진 고체 전해질 전극, 상기 고체 전해질 전극으로부터 이격되어 배치되며, 금속으로 이루어진 금속 전극 및 상기 고체 전해질 전극 및 상기 금속 전극 사이에 개재되며, 상기 전극들 사이에 전압이 인가될 경우 그 모서리를 따라 상기 금속 이온이 상기 전극들을 연결시키는 금속 필라멘트를 형성하도록 구비된 절연성 박막을 포함한다.

대표도 - 도1



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1345171237

부처명 교육과학기술부

연구사업명 첨단융합기술개발

연구과제명 유무기 나노재료의 복합체 소자 구현기술 개발

기 여 율 1/1

주관기관 고려대학교

연구기간 2012.07.01 ~ 2013.06.30

특허청구의 범위

청구항 1

금속 이온으로 이온화되어 이온 전도도를 가질 수 있는 도전성 재료로 이루어진 고체 전해질 전극;
상기 고체 전해질 전극으로부터 이격되어 배치되며, 금속으로 이루어진 금속 전극; 및
상기 고체 전해질 전극 및 상기 금속 전극 사이에 개재되며, 상기 전극들 사이에 전압이 인가될 경우 그 모서리에 선택적으로 국한되어 상기 금속 이온이 상기 전극들을 연결시키는 금속 필라멘트를 형성하도록 구비된 절연성 박막을 포함하고,
상기 절연성 박막은 1 내지 2 nm의 두께를 갖는 것을 특징으로 하는 고체 전해질 전극 구조물.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 도전성 재료는 황화알루미늄, 황화구리, 황화크롬, 황화은, 황화타타늄, 황화텅스텐, 황화니켈 및 황화탄탈륨 중 적어도 하나를 포함하는 것을 특징으로 하는 고체 전해질 전극 구조물.

청구항 3

제1항에 있어서, 상기 절연성 박막은 금속 산화물로 이루어진 것을 특징으로 하는 고체 전해질 전극 구조물.

청구항 4

제3항에 있어서, 상기 금속 산화물은 알루미늄 산화물을 포함하는 것을 특징으로 하는 고체 전해질 전극 구조물.

청구항 5

삭제

청구항 6

금속 이온으로 이온화되어 이온 전도도를 가질 수 있는 도전성 재료로 이루어진 고체 전해질 전극을 준비하는 단계;
상기 고체 전해질 전극을 부분적으로 덮으며 1 내지 2 nm의 두께를 갖는 절연성 박막을 형성하는 단계; 및
상기 절연성 박막 상에, 금속으로 이루어진 금속 전극을 형성하는 단계를 포함하고,
상기 전극들 사이에 전압이 인가될 경우 상기 절연성 박막의 모서리에 선택적으로 국한되어 상기 금속 이온이 상기 전극들을 연결시키는 금속 필라멘트를 형성하는 것을 특징으로 하는 고체 전해질 전극 구조물의 형성 방법.

청구항 7

제6항에 있어서, 상기 절연성 박막 및 상기 금속 전극을 형성하는 단계는,
상기 고체 전해질 전극을 부분적으로 덮도록 전자빔 레지스트 패턴을 형성하는 단계;
상기 전자빔 레지스트 패턴 및 상기 고체 전해질 전극 상에 금속 산화물 박막을 형성하는 단계;
상기 금속 산화물 박막의 상부 표면을 따라 상기 금속 박막을 형성하는 단계; 및
상기 전자빔 레지스트 패턴을 리프트 오프시켜 상기 고체 전해질 전극 상에 상기 절연성 박막 및 상기 금속 전극을 형성하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 고체 전해질 전극 구조물의 형성 방법.

청구항 8

제7항에 있어서, 상기 금속 산화물 박막은 원자층 적층 공정을 통하여 형성되는 것을 특징으로 하는 고체 전해

질 전극 구조물의 형성 방법.

청구항 9

제7항에 있어서, 상기 금속 산화물 박막은 알루미늄 산화물을 이용하여 형성된 것을 특징으로 하는 고체 전해질 전극 구조물의 형성 방법.

청구항 10

기관 상에 형성된 제1 금속으로 이루어진 제1 금속 전극;

상기 기관 상에 상기 제1 금속 전극과 전기적으로 연결되도록 배치되며, 양자화된 이온 전도도를 가질 수 있도록 금속 이온을 갖는 도전성 재료로 이루어진 고체 전해질 전극;

상기 고체 전해질 전극을 교차하도록 상기 기관 상에 배치된 절연성 박막; 및

상기 절연성 박막 상에 배치되며, 제2 금속으로 이루어진 제2 금속 전극을 포함하고,

상기 금속 전극들 사이에 전압이 인가될 경우 상기 절연성 박막의 모서리에 선택적으로 국한되어 상기 제1금속의 이온이 상기 제1 금속 전극 및 고체 전해질 전극을 상호 연결시키는 금속 필라멘트를 형성하도록 구비되고,

상기 절연성 박막은 1 내지 2 nm의 두께를 갖는 것을 특징으로 하는 저항 가변형 스위칭 소자.

청구항 11

제10항에 있어서, 상기 제1 금속 전극 및 상기 절연성 박막은 제1 방향으로 평행하게 연장되며, 상기 고체 전해질 전극은 상기 제1 방향에 대하여 수직인 제2 방향으로 연장되어 상기 제1 금속 전극 및 상기 절연성 박막과 교차하는 것을 특징으로 하는 저항 가변형 스위칭 소자.

청구항 12

제10항에 있어서, 상기 고체 전해질 전극은 파이버 형상을 갖는 것을 특징으로 하는 저항 가변형 스위칭 소자.

청구항 13

제10항에 있어서, 상기 도전성 재료는 황화알루미늄, 황화구리, 황화크롬, 황화은, 황화타타늄, 황화텅스텐, 황화니켈 및 황화탄탈륨 중 적어도 하나를 포함하는 것을 특징으로 하는 저항 가변형 스위칭 소자.

청구항 14

제10항에 있어서, 상기 절연성 박막은 알루미늄 산화물을 포함하는 것을 특징으로 하는 저항 가변형 스위칭 소자.

청구항 15

삭제

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 고체 전해질 전극 구조물, 이의 형성 방법 및 이를 포함하는 저항 가변형 스위칭 소자에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 고체 전해질 전극 및 금속 전극을 포함하는 고체 전해질 전극 구조물, 상기 고체 전해질 전극 구조물의 형성 방법 및 상기 고체 전해질 전극 구조물을 포함하는 저항 가변형 스위칭 소자에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 실리콘 집적 회로와 그에 대한 지속적인 소형화를 통하여 전자 산업의 발전이 진행되고 있다. 하지만 상기 전자 산업은 현재 전자 및 물리적인 제한으로 인해 한계에 직면하고 있으며, 현재의 집적 회로 장치는 마이크로미터의 크기 치수를 이용하여 제조되고 있지만, 새로운 해결책에 의해 나노미터 크기의 장치를 개발할 수 있다.

[0003] 상기 나노미터 크기의 장치는, 2000년 10월 3일 등록된 Philip J. Kuekes 외 다수 발명의 "Molecular Wire Crossbar Memory"의 미국 특허 제 6,128,214 호는 크로스바 형태의 메모리 어레이를 제공하고 있다. 특히, 크로스바 형태의 메모리 어레이는 고체 전해질 전극 및 귀금속 전극 사이에 갭(gap)이 존재할 수 있다. 상기 에어 갭 타입의 분자 스위칭 소자는 상기 갭 내에 필라멘트가 형성되어 다중 상태의 소자로 응용될 수 있는 장점을 갖고 있다.

[0004] 하지만, 상기 분자 스위칭 소자는 상기 에어 갭에 의하여 구조적인 안정성이 악화되어 3차원 스택 구조를 갖기 어려울 뿐 만 아니라, 상기 에어 갭 내의 형성되는 필라멘트 형성 영역의 위치가 불명확하며 따라서 상기 필라멘트 형성 위치를 관측하는 데 어려움이 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0005] 본 발명의 일 목적은 구조적 안정성이 개선되고 필라멘트 형성 위치를 관측할 수 있는 고체 전해질 전극 구조물을 제공하는 것이다.

[0006] 본 발명의 일 목적은 구조적 안정성이 개선되고 필라멘트 형성 위치를 관측할 수 있는 고체 전해질 전극 구조물의 형성 방법을 제공하는 것이다.

[0007] 본 발명의 일 목적은 구조적 안정성이 개선되고 필라멘트 형성 위치를 관측할 수 있는 저항 가변형 스위칭 소자를 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0008] 본 발명의 일 실시예에 따른 고체 전해질 전극 구조물은, 금속 이온으로 이온화되어 이온 전도도를 가질 수 있는 도전성 재료로 이루어진 고체 전해질 전극, 상기 고체 전해질 전극으로부터 이격되어 배치되며, 금속으로 이루어진 금속 전극 및 상기 고체 전해질 전극 및 상기 금속 전극 사이에 개재되며, 상기 전극들 사이에 전압이 인가될 경우 그 모서리를 따라 상기 금속 이온이 상기 전극들을 연결시키는 금속 필라멘트를 형성하도록 구비된 절연성 박막을 포함한다. 여기서, 상기 도전성 재료는 황화알루미늄, 황화구리, 황화크롬, 황화은, 황화타타늄, 황화텅스텐, 황화니켈 및 황화탄탈륨 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.

[0009] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 절연성 박막은 금속 산화물로 이루어질 수 있다. 여기서, 상기 금속 산화물은 알루미늄 산화물을 포함할 수 있다. 또한, 상기 절연성 박막은 1 내지 2 nm의 두께를 가질 수 있다.

[0010] 본 발명의 일 실시예에 따른 고체 전해질 전극 구조물의 형성 방법에 있어서, 금속 이온으로 이온화되어 이온 전도도를 가질 수 있는 도전성 재료로 이루어진 고체 전해질 전극을 준비한다. 이후, 상기 고체 전해질 전극을 부분적으로 덮도록 절연성 박막을 형성하고, 상기 절연성 박막 상에, 금속으로 이루어진 금속 전극을 형성한다. 이때, 상기 전극들 사이에 전압이 인가될 경우 상기 절연성 박막의 모서리를 따라 상기 금속 이온이 상기 전극들을 연결시키는 금속 필라멘트를 형성된다.

[0011] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 절연성 박막 및 상기 금속 전극은, 상기 고체 전해질 전극을 부분적으로 덮도록 전자빔 레지스트 패턴을 형성한 후, 상기 전자빔 레지스트 패턴 및 상기 고체 전해질 전극 상에 금속 산화물 박막을 형성하고, 상기 금속 산화물 박막의 상부 표면을 따라 상기 금속 박막을 형성하고, 상기 전자빔 레지스트 패턴을 리프트 오프시킴으로써 형성될 수 있다.

[0012] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 금속 산화물 박막은 원자층 적층 공정을 통하여 형성될 수 있다. 이때, 상기 금속 산화물 박막은 알루미늄 산화물을 이용하여 형성될 수 있다.

[0013] 본 발명의 일 실시예에 따른 저항 가변형 스위칭 소자는 기판 상에 형성된 제1 금속으로 이루어진 제1 금속 전극, 상기 기판 상에 상기 제1 금속 전극과 전기적으로 연결되도록 배치되며, 이온 전도도를 가질 수 있도록 금속 이온을 갖는 도전성 재료로 이루어진 고체 전해질 전극, 상기 고체 전해질 전극을 교차하도록 상기 기판 상에 배치된 절연성 박막 및 상기 절연성 박막 상에 배치되며, 제2 금속으로 이루어진 제2 금속 전극을 포함하고, 상기 금속 전극들 사이에 전압이 인가될 경우 상기 절연성 박막의 모서리를 따라 상기 제1금속의 이온이 상기 제1 금속 전극 및 고체 전해질 전극을 상호 연결시키는 금속 필라멘트를 형성하도록 구비된다.

[0014] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 제1 금속 전극 및 상기 절연성 박막은 제1 방향으로 평행하게 연장되며, 상기 고체 전해질 전극은 상기 제1 방향에 대하여 수직한 제2 방향으로 연장되어 상기 제1 금속 전극 및 상기

절연성 박막과 교차할 수 있다.

[0015] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 고체 전해질 전극은 파이버 형상을 가질 수 있다.

[0016] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 도전성 재료는 황화알루미늄, 황화구리, 황화크롬, 황화은, 황화타타늄, 황화텅스텐, 황화니켈 및 황화탄탈륨 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.

[0017] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 절연성 박막은 알루미늄 산화물을 포함할 수 있다. 여기서, 상기 절연성 박막은 1 내지 2 nm의 두께를 가질 수 있다.

발명의 효과

[0018] 본 발명의 실시예들에 따른 고체 전해질 전극 구조물 및 저항 가변형 스위칭 소자는 상기 고체 전해질 전극 및 상기 금속 전극 사이에 개재된 절연성 박막을 구비함으로써 구조적인 안정성을 확보할 수 있다. 따라서 상기 고체 전해질 전극 구조물 및 상기 저항 가변형 스위칭 소자 각각이 3차원적으로 스택 구조를 가질 수 있다.

[0019] 또한 상기 전극들 사이에 전압 인가시 상기 금속 필라멘트가 상기 절연성 박막의 모서리를 따라 형성된 상기 전극들 사이의 저항이 가변될 수 있으며, 상기 금속 필라멘트의 형성 위치가 명확해지고 나아가 상기 형성 위치가 용이하게 관측될 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0020] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 고체 전해질 전극 구조물을 설명하기 위한 단면도이다.

도 2는 도 1의 고체 전해질 전극 구조물의 구동을 설명하기 위한 단면도이다.

도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 고체 전해질 전극 구조물의 형성 방법을 설명하기 위한 순서도이다.

도 4a 내지 도 4d는 본 발명의 일 실시예에 따른 고체 전해질 전극 구조물의 형성 방법을 설명하기 위한 단면도들이다.

도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 저항 가변형 스위칭 소자를 설명하기 위한 사시도이다.

도 6은 도 5의 점선 영역을 확대한 사시도이다.

도 7은 도 5의 저항 가변형 스위칭 소자를 설명하기 위한 단면도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0021] 이하, 첨부한 도면을 참조하여 본 발명의 실시예들에 대해 상세히 설명한다. 본 발명은 다양한 변경을 가할 수 있고 여러 가지 형태를 가질 수 있는 바, 특정 실시예들을 도면에 예시하고 본문에 상세하게 설명하고자 한다. 그러나, 이는 본 발명을 특정한 개시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변경, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다. 첨부된 도면에 있어서, 대상물들의 크기와 양은 본 발명의 명확성을 기하기 위하여 실제보다 확대 또는 축소하여 도시한 것이다.

[0022] 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. 예를 들어, 본 발명의 권리 범위를 벗어나지 않으면서 제1 구성요소는 제2 구성요소로 명명될 수 있고, 유사하게 제2 구성요소도 제1 구성요소로 명명될 수 있다.

[0023] 본 출원에서 사용한 용어는 단지 특정한 실시예를 설명하기 위해 사용된 것으로, 본 발명을 한정하려는 의도가 아니다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 출원에서, "포함하다" 또는 "구비하다" 등의 용어는 명세서 상에 기재된 특징, 단계, 기능, 구성요소 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 다른 특징들이나 단계, 기능, 구성요소 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.

[0024] 한편, 다르게 정의되지 않는 한, 기술적이거나 과학적인 용어를 포함해서 여기서 사용되는 모든 용어들은 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 일반적으로 이해되는 것과 동일한 의미를 가지고 있다. 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 것과 같은 용어들은 관련 기술의 문맥 상 가지는 의미와 일치하는 의미를 가지는 것으로 해석되어야 하며, 본 출원에서 명백하게 정의하지 않는 한, 이상적이거나 과도하게 형

식적인 의미로 해석되지 않는다.

[0025] 고체 전해질 전극 구조물

[0026] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 고체 전해질 전극 구조물을 설명하기 위한 단면도이다. 도 2는 도 1의 고체 전해질 전극 구조물의 구동을 설명하기 위한 단면도이다.

[0027] 도 1을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 고체 전해질 전극 구조물은 고체 전해질 전극(120), 금속 전극(150) 및 절연성 박막(130)을 포함한다.

[0028] 상기 고체 전해질 전극(120)은 금속 이온으로 이온화되어 이온 전도성을 가질 수 있는 도전성 재료로 이루어진다. 즉, 상기 고체 전해질 전극(120)에 전압이 인가될 경우 상기 도전성 재료에 포함된 금속은 이온화 되어 이온 전도도를 가질 수 있다.

[0029] 상기 고체 전해질 전극(120)은 금속 황화물로 이루어질 수 있다. 예를 들면, 상기 도전성 재료는 황화알루미늄, 황화구리, 황화크롬, 황화은, 황화타타늄, 황화텅스텐, 황화니켈, 황화탄탈륨 중 적어도 하나로 이루어질 수 있다.

[0030] 상기 고체 전해질 전극(120)은 파이버(fiber) 형상을 가질 수 있다. 나아가, 도식된 바와 같이 상기 고체 전해질 전극(120)은 플레이트 형상을 가질 수 있다.

[0031] 상기 금속 전극(150)은 상기 고체 전해질 전극(120)으로부터 이격되어 배치된다. 상기 금속 전극(150)은 금속으로 이루어진다. 상기 금속 전극(150)은 상기 고체 전해질 전극(120)에 대하여 우수한 화학적 안정성을 갖는 금속으로 이루어질 수 있다. 예를 들면, 상기 금속 전극(120)은, 금(Au), 백금(Pt)과 같은 귀금속으로 이루어질 수 있다.

[0032] 상기 절연성 박막(130)은 고체 전해질 전극(120) 및 상기 금속 전극(150) 사이에 개재된다. 상기 절연성 박막(130)은 전기적 절연성을 갖는 물질로 이루어진다. 예를 들면, 상기 절연성 박막(130)은 알루미늄 산화물, 은산화물 등과 같은 금속 산화물로 이루어질 수 있다.

[0033] 상기 절연성 박막(130)은 1 내지 2 nm의 두께(d)를 가질 수 있다. 상기 절연성 박막(130)이 1nm 미만의 두께를 가질 경우, 양자화된 다중 상태를 갖는 전자 소자를 구현하기 어려운 반면에, 상기 절연성 박막이 2nm 초과 두께를 가질 경우, 상기 고체 전해질 전극(120) 및 상기 금속 전극(120) 사이에 인가되는 전압의 크기가 지나치게 높아야 금속 필라멘트가 발생할 수 있는 문제가 있다.

[0034] 이하, 고체 전해질 전극 구조물의 구동에 대하여 설명하기로 한다.

[0035] 도 1 및 도 2를 참조하면, 상기 고체 전해질 전극(120)에는 양의 전압이 인가되고 상기 금속 전극(150)에는 부의 전압이 인가될 경우, 상기 고체 전해질 전극(120)에 포함된 금속 이온이 상기 절연성 박막(120)의 모서리를 따라 상기 금속 전극(150)을 향하여 이동한다. 이로써 상기 절연성 박막(120)의 모서리에는 나노 크기의 금속 필라멘트(121, 122)가 형성될 수 있다. 상기 금속 필라멘트(121, 122)는 상기 고체 전해질 전극(120) 및 상기 금속 전극(150) 사이를 전기적으로 연결시킬 수 있다. 상기 금속 필라멘트의 생성량에 따라 양자화된 이온 전도도를 가짐에 따라 상기 고체 전해질 전극(120) 및 상기 금속 전극(150) 사이의 저항값이 가변될 수 있다.

[0036] 또한, 상기 고체 전해질 전극(120) 및 상기 금속 전극(150) 사이에 절연성 박막(130)이 개재됨에 따라 상기 절연성 박막(130)이 상기 고체 전해질 전극 구조물의 구조적인 안정성을 개선할 수 있다. 따라서 상기 고체 전해질 전극 구조물이 3차원적으로 스택 구조를 가질 수 있다.

[0037] 또한 상기 금속 필라멘트(121, 122)가 상기 절연성 박막(130)의 모서리를 따라 형성됨에 따라, 상기 금속 필라멘트(121, 122)의 형성 위치가 명확해지고 나아가 상기 형성 위치가 용이하게 관측될 수 있다.

[0038] 고체 전해질 전극 구조물의 형성 방법

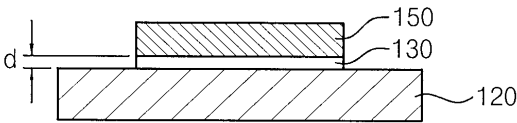
[0039] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 고체 전해질 전극 구조물의 형성 방법을 설명하기 위한 순서도이다. 도 4a 내지 도 4d는 본 발명의 일 실시예에 따른 고체 전해질 전극 구조물의 형성 방법을 설명하기 위한 단면도들이다.

- [0040] 도 1 및 도 3을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 고체 전해질 전극 구조물의 형성 방법에 있어서, 금속 이온으로 이온화되어 이온 전도도를 가질 수 있는 도전성 재료로 이루어진 고체 전해질 전극(120, 도 1 참조)을 준비한다.(S110)
- [0041] 상기 고체 전해질 전극(120)은 금속 황화물을 이용하여 형성될 수 있다. 예를 들면, 상기 도전성 재료는 황화알루미늄, 황화구리, 황화크롬, 황화은, 황화타타늄, 황화텅스텐, 황화니켈, 황화탄탈륨 중 적어도 하나로 이루어질 수 있다.
- [0042] 상기 고체 전해질 전극(120)은 파이버(fiber) 형상 또는 플레이트 형상을 가질 수 있다.
- [0043] 한편, 상기 고체 전해질 전극(120)은 에피택셜 성장법을 이용하여 형성될 수 있다.
- [0044] 상기 고체 전해질 전극(120)을 부분적으로 덮도록 절연성 박막(130)을 형성한다(S130). 상기 절연성 박막(130)은 알루미늄 산화물, 은산화물 등과 같은 금속 산화물로 형성될 수 있다.
- [0045] 상기 절연성 박막(130)은 원자층 적층(Atomic Layer Deposition; ALD) 공정을 통하여 형성될 수 있다. 상기 원자층 적층 공정을 통하여 상기 절연성 박막(130)은 1 내지 2nm의 두께를 갖도록 형성될 수 있다.
- [0046] 또한, 상기 고체 전해질 전극 및 상기 금속 박막 사이의 예비 금속막을 형성하고, 상기 예비 금속막을 제거하여 상기 고체 전해질 전극 및 상기 금속 박막 사이에 갭을 갖는 고체 전해질 전극 구조물을 형성 방법에 있어서, 상기 예비 금속막을 형성하는 데 필요한 원자층 적층 공정을 활용하여 상기 절연성 박막을 형성할 수 있다.
- [0047] 상기 원자층 적층 공정에 따르면, 금속 함유 전구체를 상기 고체 전해질 전극(120) 상에 공급하면, 온도 및 압력을 조절하여 상기 고체 전해질 전극(120) 상에 절연막 박막(130)을 형성할 수 있다.
- [0048] 이후, 상기 절연성 박막(130) 상에, 금속으로 이루어진 금속 전극(150)을 형성한다(S150). 상기 금속 전극(150)은 에피택셜 성장법을 통하여 형성될 수 있다. 상기 금속 전극(150)은 금, 백금과 같은 귀금속을 이용하여 형성될 수 있다.
- [0049] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 절연성 박막 및 상기 금속 전극을 형성하기 위하여 아래의 공정이 수행될 수 있다.
- [0050] 도 4a를 참조하면, 상기 고체 전해질 전극(120)을 부분적으로 덮도록 전자빔 레지스트 패턴(105)을 형성한다.
- [0051] 도 4b를 참조하면, 상기 전자빔 레지스트 패턴(105) 및 상기 고체 전해질 전극(120) 상에 금속 산화물 박막(135)을 형성한다. 상기 금속 산화물 박막(135)을 예를 들면 원자층 적층 공정을 통하여 형성될 수 있다. 상기 금속 산화물 박막(135)은 추후 절연성 박막(130)으로 변환될 수 있다.
- [0052] 이어서, 상기 금속 산화물 박막(135)의 상부 표면을 따라 상기 금속 박막(155)을 형성한다. 상기 금속 박막(155)은 추후 금속 전극(150)으로 변환될 수 있다.
- [0053] 이후, 상기 전자빔 레지스트 패턴(105)을 상기 고체 전해질 전극(120)으로부터 리프트-오프(lift-off)시켜 상기 고체 전해질 전극(120) 상에 잔류하는 금속 산화물 박막(135) 및 금속 박막(155)이 상기 절연성 박막(130) 및 상기 금속 전극(150)으로 형성될 수 있다.
- [0054] 저항 가변형 스위칭 소자
- [0055] 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 저항 가변형 스위칭 소자를 설명하기 위한 사시도이다. 도 6은 도 5의 점선 영역을 확대한 사시도이다. 도 7은 도 5의 저항 가변형 스위칭 소자를 설명하기 위한 단면도이다.
- [0056] 도 5 내지 도 7을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 저항 가변형 스위칭 소자(200)는 제1 금속 전극(210), 고체 전해질 전극(220), 절연성 박막(230) 및 제2 금속 전극(250)을 포함한다.
- [0057] 상기 제1 금속 전극(210)은 기판(205) 상에 형성된다. 상기 제1 금속 전극(210)은 제1 금속으로 이루어진다. 상기 제1 금속은 상기 고체 전해질 전극(220)에 포함된 금속과 실질적으로 동일한 금속에 해당할 수 있다. 즉, 상기 고체 전해질 전극(220)이 황화은으로 이루어질 경우, 상기 제1 금속은 은으로 이루어질 수 있다. 또한, 상기 제1 금속 전극(210) 및 제2 금속 전극(250) 사이에 전압 인가시 상기 제1 금속 전극(210)은 상기 고체 전해질 전극(220)에 상기 제1 금속을 공급하거나, 상기 고체 전해질 전극에 포함된 금속을 공급받을 수 있다.

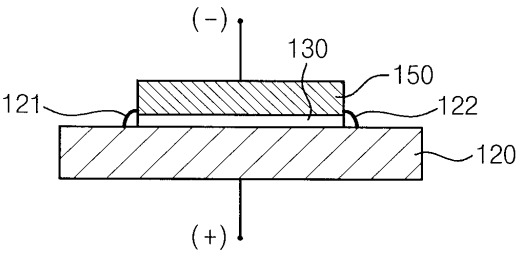
- [0058] 예를 들면, 상기 제1 금속 전극(210)은 제1 방향으로 연장된 스트라이프 형상을 가질 수 있다.
- [0059] 상기 고체 전해질 전극(220)은 상기 기판(205) 상에 형성된다. 상기 고체 전해질 전극(220)은 상기 제1 금속 전극(210)과 전기적으로 연결되도록 배치된다. 상기 제1 금속 전극(210)이 상기 고체 전해질 전극(220)을 덮도록 배치되어 상호 물리적으로 콘택하도록 구비될 수 있다.
- [0060] 상기 고체 전해질 전극(220)은 금속 이온으로 이온화되어 이온 전도도를 가질 수 있는 도전성 재료로 이루어진다. 즉, 상기 고체 전해질 전극(220)에 전압이 인가될 경우 상기 도전성 재료에 포함된 금속은 이온화 되어 이온 전도도를 가질 수 있다.
- [0061] 상기 고체 전해질 전극(220)은 금속 황화물로 이루어질 수 있다. 예를 들면, 상기 도전성 재료는 황화알루미늄, 황화구리, 황화크롬, 황화은, 황화타타늄, 황화텅스텐, 황화니켈, 황화탄탈륨 중 적어도 하나로 이루어질 수 있다.
- [0062] 상기 고체 전해질 전극(220)은 파이버(fiber) 형상을 가질 수 있다. 나아가, 상기 고체 전해질 전극(220)은 플레이트 형상을 가질 수 있다.
- [0063] 상기 고체 전해질 전극(220)은 상기 제1 방향에 대하여 수직한 제2 방향으로 연장된 형상을 가질 수 있다.
- [0064] 상기 절연성 박막(230)은 상기 기판(205) 상에 배치된다. 상기 절연성 박막(230)은 상기 고체 전해질 전극(220)과 교차하도록 배치된다. 상기 절연성 박막(230)은 전기적 절연성을 갖는 물질로 이루어진다. 예를 들면, 상기 절연성 박막(230)은 알루미늄 산화물, 은산화물 등과 같은 금속 산화물로 이루어질 수 있다.
- [0065] 상기 절연성 박막(230)은 1 내지 2 nm의 두께를 가질 수 있다. 상기 절연성 박막(230)이 1nm 미만의 두께를 가질 경우, 양자화된 다중 상태를 갖는 전자 소자를 구현하기 어려운 반면에, 상기 절연성 박막(230)이 2nm 초과인 두께를 가질 경우, 상기 제1 및 제2 전극들(210, 250) 사이에 인가되는 전압의 크기가 지나치게 높아야 하는 문제가 있다.
- [0066] 상기 절연성 박막(230)은 상기 제1 방향으로 연장될 수 있다. 상기 절연성 박막(230)은 상기 제1 금속 전극(210)과 평행하게 상호 이격되도록 배치될 수 있다. 상기 절연성 박막(230)은 스트라이프 형상을 가질 수 있다.
- [0067] 상기 제2 금속 전극(250)은 상기 절연성 박막(230) 상에 배치된다. 상기 절연성 박막(230)이 상기 제1 방향으로 연장된 스트라이프 형상을 가질 경우, 상기 제2 금속 전극(250) 또한, 상기 제1 방향으로 연장된 스트라이프 형상을 가질 수 있다. 상기 제2 금속 전극(250)은 제2 금속으로 이루어진다. 상기 제2 금속(250)은 상기 고체 전해질 전극(220)에 대하여 우수한 화학적 안정성을 갖는 금속을 포함할 수 있다. 예를 들면, 상기 제2 금속 전극(250)은, 금(Au), 백금(Pt)과 같은 귀금속으로 이루어질 수 있다.
- [0068] 상기 저항 가변형 스위칭 소자(200)에 포함된 상기 제1 금속 전극(210)에는 양의 전압이 인가되고 상기 제2 금속 전극(250)에는 부의 전압이 인가될 경우, 상기 고체 전해질 전극(220)에 포함된 금속 이온이 상기 절연성 박막(230)의 모서리를 따라 상기 제2 금속 전극(250)을 향하여 이동한다. 이로써 상기 절연성 박막(230)의 모서리에는 나노 크기의 금속 필라멘트(221)가 형성될 수 있다. 상기 금속 필라멘트(221)는 상기 고체 전해질 전극(220) 및 상기 제2 금속 전극(250) 사이를 전기적으로 연결시킬 수 있다. 상기 금속 필라멘트(221)의 생성량에 따라 양자화 됨에 따라 상기 제1 및 제2 금속 전극들(210, 250) 사이의 다중 상태(multiple state)의 저항값이 가변될 수 있다.
- [0069] 따라서, 상기 고체 전해질 전극(220) 및 상기 제2 금속 전극(250) 사이에 절연성 박막(230)이 개재됨에 따라 상기 절연성 박막(230)이 상기 가변 저항형 스위칭 소자(200)의 구조적인 안정성을 개선할 수 있다. 따라서 상기 가변 저항형 스위칭 소자(200)가 3차원적으로 스택 구조를 가질 수 있다.
- [0070] 또한 상기 금속 필라멘트(221)가 상기 절연성 박막(230)의 모서리를 따라 형성됨에 따라, 상기 금속 필라멘트(221)의 형성 위치가 명확해지고 나아가 상기 형성 위치가 용이하게 관측될 수 있다.

도면

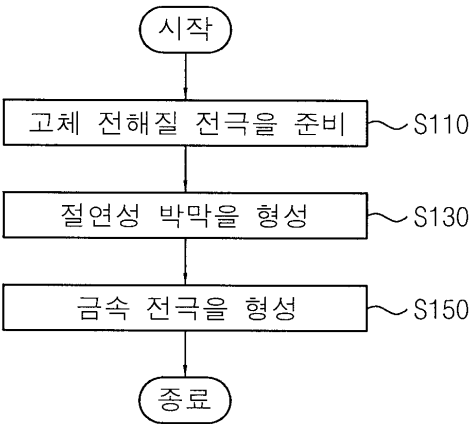
도면1



도면2



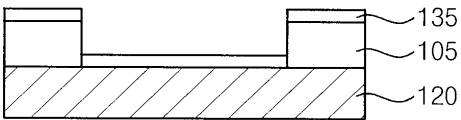
도면3



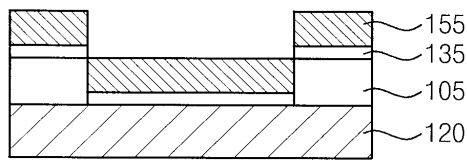
도면4a



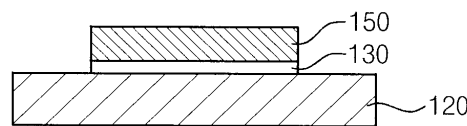
도면4b



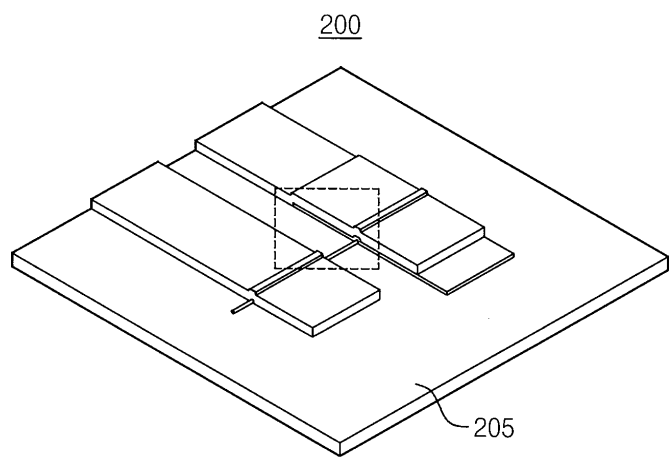
도면4c



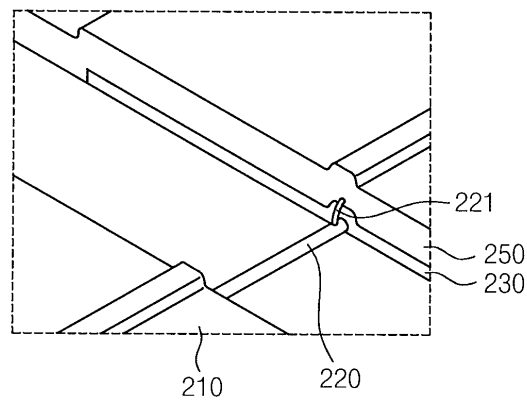
도면4d



도면5



도면6



도면7

