



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2023년10월17일

(11) 등록번호 10-2591098

(24) 등록일자 2023년10월13일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

H01L 29/51 (2006.01) H01L 21/02 (2006.01)

H01L 21/28 (2006.01) H10B 53/30 (2023.01)

H10K 99/00 (2023.01)

(52) CPC특허분류

H01L 29/516 (2013.01)

H01L 21/02458 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2018-0036920

(22) 출원일자 2018년03월29일

심사청구일자 2021년03월29일

(65) 공개번호 10-2019-0119203

(43) 공개일자 2019년10월22일

(56) 선행기술조사문헌

KR1020010086097 A\*

(뒷면에 계속)

전체 청구항 수 : 총 11 항

(73) 특허권자

연세대학교 산학협력단

서울특별시 서대문구 연세로 50 (신촌동, 연세대학교)

(72) 발명자

조만호

서울특별시 강남구 역삼로 306 개나리래미안아파트 104동 2101호

정광식

서울특별시 서대문구 성산로18길 20, 203호(연희동)

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

남건필, 박종수, 정지향, 차상윤

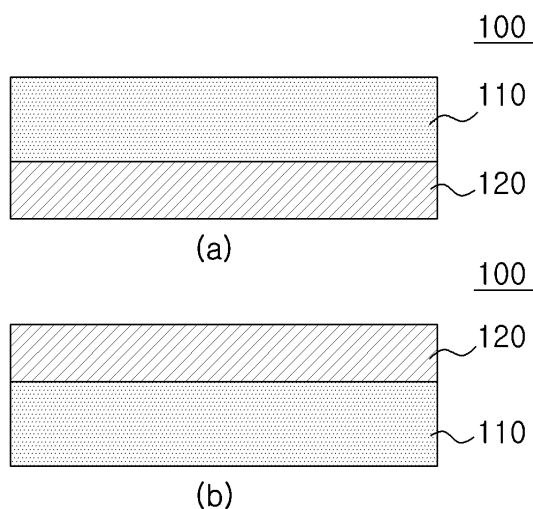
심사관 : 김종호

(54) 발명의 명칭 강유전성 구조체를 이용한 비휘발성 메모리 소자

## (57) 요약

본 발명은 강유전성 구조체 및 이를 이용한 비휘발성 메모리 소자에 관한 것이다. 일 실시예에 따른 강유전성 구조체는, 산화물 층, 질화물 층, 그리고 상기 산화물 층 및 상기 질화물 층을 포함하는 단위 적층체 중 선택된 적어도 2 이상의 단위 층상 구조가 교호 반복하여 적층되는 교호 적층체; 및 상기 교호 적층체의 상부면 또는 하부면에 접하여 배치되는 층상 구조의 칼코지나이드 층을 포함할 수 있다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

**H01L 21/02472** (2013.01)

**H01L 29/40111** (2021.08)

**H10B 53/30** (2023.02)

**H10K 85/321** (2023.02)

**H10K 85/326** (2023.02)

(72) 발명자

**김다솔**

서울특별시 서대문구 연대동문길 130, 301호

**이창우**

서울특별시 서대문구 성산로17길 33, 203호(연희동)

**한정화**

서울특별시 영등포구 국회대로54길 10, 102동 1102호(영등포동7가, 아크로타워 스퀘어)

(56) 선행기술조사문헌

KR101300241 B1\*

KR101144443 B1\*

US20040004244 A1\*

KR1020110124731 A\*

KR1020050108318 A\*

KR1020150061014 A\*

\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 G01201707010160

부처명 산업통상자원부

과제관리(전문)기관명 한국산업기술평가관리원

연구사업명 산업기술혁신사업

연구과제명 [RCMS]초고속/저에너지 멀티레벨메모리/시냅스 소자 개발(1/5)

기 여 율 1/1

과제수행기관명 연세대학교 산학협력단

연구기간 2017.07.01 ~ 2018.03.31

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

채널 영역, 상기 채널 영역의 서로 이격된 부분에 각각 접촉하는 소스 전극과 드레인 전극 및 상기 채널 영역에 전계를 인가하는 게이트 전극을 포함하는 전계 효과 트랜지스터를 구비하는 비휘발성 메모리 소자에 있어서,

상기 게이트 전극과 상기 채널 영역 사이에 배치된 강유전성 구조체를 포함하고,

상기 강유전성 구조체는, 층상 구조의 칼코지나이드 층; 및 이의 상부면 또는 하부면에 접하여 배치되는 산화물 또는 질화물의 층으로 이루어진 단위 적층체가 2 내지 20회 교호 반복하여 적층되고,

상기 층상 구조의 칼코지나이드 층은 하기 화학식 1로 표시되는 칼코지나이드 화합물을 포함하는, 비휘발성 메모리 소자:

[화학식 1]



상기 화학식 1에서, A, B, C 및 D는 각각 Ga, Ge, As, Se, In, Sn, Sb, Te, Tl, Pb, Bi 및 Po 중에서 각각 선택된 원소를 나타내고, 상기 X, Y, Z 및 W는 각 원소의 개수를 나타내며,  $0 < X < 10$ ,  $0 < Y < 10$ ,  $0 < Z < 10$ ,  $0 < W < 10$ 이다.

#### 청구항 2

제1 전극, 상기 제1 전극과 대향하는 제2 전극 및 상기 제1 전극과 상기 제2 전극 사이에 배치된 강유전성 구조체를 포함하는 커패시터를 구비하는 비휘발성 메모리 소자에 있어서,

상기 강유전성 구조체는, 층상 구조의 칼코지나이드 층; 및 이의 상부면 또는 하부면에 접하여 배치되는 산화물 또는 질화물의 층으로 이루어진 단위 적층체가 2 내지 20회 교호 반복하여 적층되고,

상기 층상 구조의 칼코지나이드 층은 하기 화학식 1로 표시되는 칼코지나이드 화합물을 포함하는, 비휘발성 메모리 소자:

[화학식 1]



상기 화학식 1에서, A, B, C 및 D는 각각 Ga, Ge, As, Se, In, Sn, Sb, Te, Tl, Pb, Bi 및 Po 중에서 각각 선택된 원소를 나타내고, 상기 X, Y, Z 및 W는 각 원소의 개수를 나타내며,  $0 < X < 10$ ,  $0 < Y < 10$ ,  $0 < Z < 10$ ,  $0 < W < 10$ 이다.

#### 청구항 3

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 강유전성 구조체는 전기적 신호, 열적 신호, 광학적 신호 또는 이의 조합이 인가된 경우 자발 분극이 유도되는, 비휘발성 메모리 소자.

#### 청구항 4

삭제

#### 청구항 5

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 층상 구조의 칼코지나이드 층의 두께는 1 nm 내지 15 nm의 범위 내인, 비휘발성 메모리 소자.

## 청구항 6

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 산화물 층 또는 질화물 층의 두께는 각각 1 nm 내지 15 nm의 범위 내인, 비휘발성 메모리 소자.

## 청구항 7

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 산화물 층은 하기 화학식 2로 표시되는 산화물을 포함하는, 비휘발성 메모리 소자:

[화학식 2]



상기 화학식 2에서,  $M^1$ 은 Li, Na, Mg, K, Ca, Sc, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Al, B, Si, Sr, Y, Zr, Nb, Mo, Tc, Ru, Rh, Ba, La, Hf, Ta, W 및 Re 중에서 선택된 원소이고, a 및 b는  $M^1$  원소와 산소 원자의 산화수를 맞추기 위한 자연수이다.

## 청구항 8

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 질화물 층은 하기 화학식 3으로 표시되는 질화물을 포함하는, 비휘발성 메모리 소자:

[화학식 3]



상기 화학식 3에서,  $M^2$ 는 Li, Na, Mg, K, Ca, Sc, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Al, B, Si, Sr, Y, Zr, Nb, Mo, Tc, Ru, Rh, Ba, La, Hf, Ta, W 및 Re 중에서 선택된 원소이고, a 및 b는  $M^2$  원소와 질소 원자의 산화수를 맞추기 위한 자연수이다.

## 청구항 9

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 산화물 층 및 질화물 층은 Li, Na, Mg, K, Ca, Sc, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Al, B, Si, Sr, Y, Zr, Nb, Mo, Tc, Ru, Rh, Ba, La, Hf, Ta, W 및 Re 중에서 적어도 어느 하나의 도펀트를 포함하는, 비휘발성 메모리 소자.

## 청구항 10

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 칼코지나이드 층은 에피택셜 방법으로 형성되지 않는, 비휘발성 메모리 소자.

## 청구항 11

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 층상 구조의 칼코지나이드 층은 비정질 구조를 갖는, 비휘발성 메모리 소자.

## 청구항 12

제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 강유전성 구조체의 자발 분극 상태에 정보를 할당하는, 비휘발성 메모리 소자.

## 청구항 13

삭제

## 청구항 14

삭제

## 발명의 설명

### 기술 분야

[0001] 본 발명은 유전체 재료에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는, 강유전성 구조체 및 이를 이용한 비휘발성 메모리 소자에 관한 것이다.

### 배경 기술

[0002] 강유전체는 외부 전기장에 의해 내부 분극이 유도되고, 유도된 분극은 외부 전기장이 소거되어도 자발 분극(또는 잔류 분극이라고도 함)이 남아 이력(hysteresis) 특성을 나타내는 유전체이다. 이와 같은 자발 분극을 갖는 강유전체의 특성은, 외부 전원 공급이 중단되더라도 분극 상태가 유지되므로, 외부 전원 공급이 중단되더라도 저장된 정보가 유지되는 비휘발성 메모리로서 활용될 수 있다.

[0003] 최근, 고집적 및 대용량을 실현할 수 있는 비휘발성 반도체 메모리 소자에 대한 수요가 점차 증대되고 있다. 이와 같은 비휘발성 메모리 소자로서, 휴대용 전자기기에 주로 사용되는 플래시 메모리 소자가 대표적이다. 그러나, 플래시 메모리는 메모리 셀들이 직렬 연결되어 데이터의 독출 속도에 한계가 있고, 전하의 주입 또는 터널링에 의한 프로그램 방식도 그 성능을 향상시키는데에 장애가 되고 있다.

[0004] 따라서, 자발 분극에 의해 비휘발성 특성을 가지면서도, 빠른 분극 스위칭 속도를 갖는 강유전체를 메모리로서 응용하는 경우, 고속의 비휘발성 메모리를 구현할 수 있다. 또한, 강유전체가 고품질을 갖는 경우, 작은 메모리 셀에서도 유효한 동작 특성을 얻을 수 있으므로, 고집적 메모리를 구현할 수 있다.

[0005] 최근에는 강유전체 박막의 양 단부에 전극을 형성하고, 분극 효과를 극대화한 터널 소자가 개발된 바 있으며, 상기 강유전체 박막과 상기 전극 사이에 존재하는 양자역학적 에너지 장벽의 차이로 거대전극 효과가 나타나는 것이 알려져 있다. 상기 강유전체를 이용한 소자 개발을 위해서는 상기 강유전체를 특정 방향으로 분극 정렬시켜야 하고, 결함이나 결정립 발생을 최대한 억제할 필요가 있다. 강유전체 재료로서 일반적으로  $\text{PbTiO}_3$ - $\text{PbZrO}_3$  계열의 PZT(lead zirconate titanate) 재료와 같은 페로브스카이트 기반의 산화물이 널리 연구되고 있다. 상기 페로브스카이트 기반의 산화물은 양호한 자발 분극 값을 갖지만, 결정 구조를 형성하기 위해서는 고온 및 고진공 공정을 요구하기 때문에 공정상의 어려움이 있으며, 전극과의 계면 상태에 따라 급격한 특성 변화를 보이므로 안정적인 소자 구현이 어려운 문제점이 있다.

[0006] 또한, 산화물 기반의 강유전체는 분극 과정에서 수반되는 중심 원자의 반복적 이동에 의한 구조적 변형 과정에서 결함이 생성될 가능성이 높고, 생성된 결함은 강유전 특성을 저하시킬 뿐만 아니라 소자의 성능과 신뢰성을 열화시키는 문제점이 있다.

## 선행기술문헌

### 특허문헌

[0007] (특허문헌 0001) 한국공개특허 10-2018-0015402호

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

[0008] 본 발명이 해결하고자 하는 과제는 산화물 기반의 강유전체 대비 제조가 용이하면서도 우수한 분극 특성을 가질 뿐만 아니라 안정된 분극 특성을 갖는 강유전성 구조체를 제공하는 것이다.

[0009] 또한, 본 발명이 해결하고자 하는 다른 과제는, 신뢰성 있고 고집적화가 가능한 비휘발성 메모리 소자를 제공하는 것이다.

### 과제의 해결 수단

[0011] 상기 과제를 해결하기 위한 본 발명의 일 실시예에 따르면, 산화물 층, 질화물 층, 그리고 상기 산화물 층 및 상기 질화물 층을 포함하는 단위 적층체 중 선택된 적어도 2 이상의 단위 층상 구조가 교호 반복하여 적층되는 교호 적층체; 및 상기 교호 적층체의 상부면 또는 하부면에 접하여 배치되는 층상 구조의 칼코지나이드 층을 포함하는 강유전성 구조체가 제공될 수 있다.

[0012] 일 실시예에서, 상기 강유전성 구조체는 전기적 신호, 열적 신호, 광학적 신호 또는 이의 조합이 인가된 경우 자발 분극이 유도될 수 있다. 상기 교호 적층체는 상기 단위 층상 구조가 2 내지 20 회 교호 반복하여 적층될 수 있다.

[0013] 일 실시예에서, 상기 층상 구조의 칼코지나이드 층은 하기 화학식 1로 표시되는 칼코지나이드 화합물을 포함하는 강유전성 구조체일 수 있다. .

[0014] [화학식 1]

[0015]  $A_X B_Y C_Z D_W$

[0016] (상기 화학식 1에서, A, B, C 및 D는 각각 Ga, Ge, As, Se, In, Sn, Sb, Te, Tl, Pb, Bi 및 Po 중에서 각각 선택된 원소를 나타내고, 상기 X, Y, Z 및 W는 각 원소의 개수를 나타내며,  $0 < X \leq 10$ ,  $0 < Y \leq 10$ ,  $0 \leq Z \leq 10$ ,  $0 \leq W \leq 10$  이다)

[0017] 일 실시예에서, 상기 층상 구조의 칼코지나이드 층의 두께는 1 nm 내지 15 nm의 범위 내일 수 있다. 또한, 상기 산화물 층 또는 질화물 층의 두께는 각각 1 nm 내지 15 nm의 범위 내일 수 있다.

[0018] 일 실시예에서, 상기 산화물 층은 하기 화학식 2로 표시되는 산화물을 포함하는 강유전성 구조체일 수 있다.

[0019] [화학식 2]

[0020]  $M_a^1 O_b$

[0021] (상기 화학식 2에서,  $M^1$ 은 Li, Na, Mg, K, Ca, Sc, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Al, B, Si, Sr, Y, Zr, Nb, Mo, Tc, Ru, Rh, Ba, La, Hf, Ta, W 및 Re 중에서 선택된 원소이고, a 및 b는  $M^1$  원소와 산소 원자의 산화수를 맞추기 위한 자연수이다)

[0022] 일 실시예에서, 상기 질화물 층은 하기 화학식 3으로 표시되는 질화물을 포함하는 강유전성 구조체일 수 있다.

[0023] [화학식 3]

[0024]  $M_a^2 N_b$

[0025] (상기 화학식 3에서,  $M^2$ 는 Li, Na, Mg, K, Ca, Sc, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Al, B, Si, Sr, Y, Zr, Nb, Mo, Tc, Ru, Rh, Ba, La, Hf, Ta, W 및 Re 중에서 선택된 원소이고, a 및 b는  $M^2$  원소와 질소 원자의 산화수를 맞추기 위한 자연수이다)

[0026] 상기 산화물 층 및 질화물 층은 Li, Na, Mg, K, Ca, Sc, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Al, B, Si, Sr, Y, Zr, Nb, Mo, Tc, Ru, Rh, Ba, La, Hf, Ta, W, 및 Re 중 적어도 어느 하나의 도펀트를 포함할 수 있다. 또한, 상기 칼코지나이드 층은 에피택셜 방법으로 형성되지 않을 수도 있다. 상기 층상 구조의 칼코지나이드 층은 비정질 구조를 가질 수 있다.

[0028] 상기 다른 기술적 과제를 해결하기 위한 본 발명의 일 실시예에 따른 비휘발성 메모리 소자는, 상기 강유전성 구조체를 포함하며, 상기 강유전성 구조체에 인가되는 전기적 신호, 열적 신호, 광학적 신호 또는 이의 조합에 의해 유도되는 상기 강유전성 구조체의 자발 분극 상태에 정보를 할당할 수 있다.

[0029] 일 실시예에 따르면, 상기 비휘발성 메모리 소자는, 메모리 셀의 적어도 일부가 전계 효과 트랜지스터를 포함하

며, 상기 전계 효과 트랜지스터의 게이트 절연막의 적어도 일부가 제 1 항 기재의 강유전성 구조체를 포함할 수 있다.

[0030] 일 실시예에 따르면, 상기 비휘발성 메모리 소자는, 메모리 셀의 적어도 일부는 커패시터를 포함하며, 상기 커패시터의 유전층의 적어도 일부가 제 1 항 기재의 강유전성 구조체를 포함할 수 있다.

### 발명의 효과

[0032] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 칼코지나이드 층과 교호 적층체의 간단한 적층 구조체로부터 자발 분극 특성을 갖는 강유전체를 구현할 수 있다. 또한, 상기 적층 구조체에 기반하는 강유전성 구조체는 유연성을 가지므로 가요성 전자 소자를 형성할 수 있을 뿐만 아니라 높은 안정성을 갖기 때문에 신뢰성 있는 비휘발성 메모리 소자를 구현할 수 있다.

[0033] 또한 본 발명의 실시예에 따른 강유전성 구조체는, 교호 적층체와 칼코지나이드 층이 서로 인접된 복합 층상 구조로서 이를 통하여 흐르는 총 전류를 제한하거나 인접한 반도체 채널에 대하여 정보 저장을 위한 유전체로서 동작할 수 있다.

[0034] 또한, 상기 칼코지나이드 층은 에피택셜 방법이 아닌 액상 코팅법 또는 기상 증착법과 같은 다른 코팅 방법으로 형성될 수 있으므로 경제적으로 강유전성 구조체가 제조될 수 있다. 또한, 칼코지나이드 층의 특성 조작을 통해 강유전성 구조체의 강유전성 특성의 강화 또는 초기화 구동이 가능한 이점이 있다.

### 도면의 간단한 설명

[0036] 도 1은 본 발명의 다양한 실시예에 따른 단위 층상 구조들의 적층체를 포함하는 강유전성 구조체의 단면도이다.

도 2는 도 1의 단위 층상 구조들이 다수 회로 교호 반복하여 적층된 강유전성 구조체의 단면도이다.

도 3은 칼코지나이드 층이 산화물 층 또는 질화물 층 사이에 배치되는 강유전성 구조체의 단면도이다.

도 4는 본 발명의 실시예에 따른 강유전성 구조체를 포함하는 강유전체 소자의 동작 특성을 도시한 그래프이다.

도 5는 도 4의 강유전체 소자의 반복적 동작 특성을 도시한 그래프이다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0037] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예를 상세히 설명하기로 한다.

[0038] 본 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.

[0039] 또한, 도면에서 각 층의 두께나 크기는 설명의 편의 및 명확성을 위하여 과장된 것이며, 도면상에서 동일 부호는 동일한 요소를 지칭한다. 본 명세서에서 사용된 바와 같이, 용어 "및/또는"은 해당 열거된 항목 중 어느 하나 및 하나 이상의 모든 조합을 포함한다.

[0040] 본 명세서에서 사용된 용어는 특정 실시예를 설명하기 위하여 사용되며, 본 발명을 제한하기 위한 것이 아니다. 본 명세서에서 사용된 바와 같이, 단수 형태는 문맥상 다른 경우를 분명히 지적하는 것이 아니라면, 복수의 형태를 포함할 수 있다. 또한, 본 명세서에서 사용되는 경우 "포함한다(comprise)" 및/또는 "포함하는(comprising)"은 언급한 형상들, 숫자, 단계, 동작, 부재, 요소 및/또는 이들 그룹의 존재를 특정하는 것이며, 하나 이상의 다른 형상, 숫자, 동작, 부재, 요소 및/또는 그룹들의 존재 또는 부가를 배제하는 것이 아니다.

[0041] 본 명세서에서 제 1, 제 2 등의 용어가 다양한 부재, 부품, 영역, 및/또는 부분들을 설명하기 위하여 사용되지만, 이들 부재, 부품, 영역, 및/또는 부분들은 이들 용어에 의해 한정되어서는 안됨은 자명하다. 이들 용어는 하나의 부재, 부품, 영역 또는 부분을 다른 영역 또는 부분과 구별하기 위하여만 사용된다. 따라서, 이하 상술할 제 1 부재, 부품, 영역 또는 부분은 본 발명의 가르침으로부터 벗어나지 않고서도 제 2 부재, 부품, 영역 또는 부분을 지칭할 수 있다.

[0042] 이하, 본 발명의 실시예들은 본 발명의 이상적인 실시예들을 개략적으로 도시하는 도면들을 참조하여 설명된다. 도면들에 있어서, 예를 들면, 부재들의 크기와 형상은 설명의 편의와 명확성을 위하여 과장될 수 있으며, 실제

구현시, 도시된 형상의 변형들이 예상될 수 있다. 따라서, 본 발명의 실시예는 본 명세서에 도시된 부재 또는 영역의 특정 형상에 제한된 것으로 해석되어서는 아니 된다.

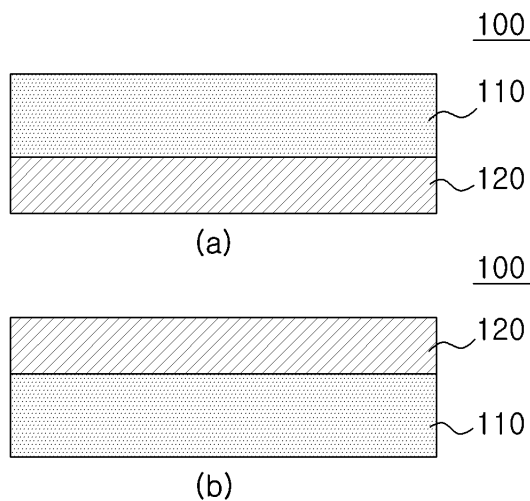
- [0044] 본 발명의 기본 원리는 산화물 층 또는 질화물 층과 층상구조 칼코지나이드층이 인접하여 형성된 강유전 특성을 갖는 구조체이며, 상기 구조체에 외부 자극을 인가하여 분극을 제어하는 것이다. 상기 산화물 층 또는 질화물 층은 인접한 반도체 채널의 게이트 산화물 역할을 하거나, 소자의 총 전류를 제한하는 역할을 할 수 있으며, 그 자체가 정보 저장 요소로 기능할 수 있다. 또한, 상기 층상구조 칼코지나이드 층은 분극 특성이 제어될 수 있으며, 이에 의해 다양한 구동 방식을 갖는 전기 소자, 전자 소자 또는 에너지 소자로서 기능할 수 있다.
- [0045] 아울러, 본 발명을 설명함에 있어서, 관련된 공지 기능 혹은 구성에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단된 경우 그 상세한 설명은 생략한다.
- [0046] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시형태를 상세히 설명하기로 한다.
- [0048] 도 1은 본 발명의 다양한 실시예에 따른 단위 층상 구조들의 적층체를 포함하는 강유전성 구조체의 단면도이며, 도 2는 도 1의 단위 층상 구조들이 다수 회로 교호 반복하여 적층된 강유전성 구조체의 단면도이다.
- [0049] 도 1을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 산화물 층 또는 질화물 층인 단위 층상 구조(120, oxide or nitride) 및 층상 구조의 칼코지나이드 층(110, Layered chalcogenide, 이하 칼코지나이드 층이라 함)을 인접하여 구비한 강유전소자(100)는 층상구조 칼코지나이드 층(110, Layered chalcogenide) 및 산화물 또는 질화물 층(120, Oxide or nitride) 을 포함한다.
- [0050] 층상구조 칼코지나이드 층(110)은 외부 자극(전압, 전류, 열 또는 광 에너지)에 의하여 분극 상태가 제어되며 자발 분극을 가질 수 있다. 이때 상기 외부 자극이 제거되어도 분극 특성이 유지된다. 또한, 층상구조 칼코지나이드 층(110)은 반데르 발스 결합을 통하여 층상 구조를 이루게 된다. 이와 같은 층상구조 칼코지나이드 층(110)은 화학식  $A_xB_yC_zD_w$  ( $0 < x \leq 10$ ,  $0 < y \leq 10$ ,  $0 < z \leq 10$ ,  $0 < w \leq 10$ )로 표현되는 화합물을 포함할 수 있다. 이 경우, 상기 A, 상기 B, 상기 C 그리고 상기 D는 각각 Ga, Ge, As, Se, In, Sn, Sb, Te, Tl, Pb, Bi, Po 중에서 선택된 원소이다.
- [0051] 단위 층상 구조를 구성하는 산화물 층 또는 질화물 층(120)은 기본적으로 높은 밴드갭 또는 낮은 전기 전도도로 인하여 소자의 전류를 제한하는 역할을 할 수 있다. 또한, 게이트 절연막으로서 인접한 반도체와의 계면에 전하를 축적하거나 공핍하게 하여 반도체 채널의 문턱 전압에 영향을 줄 수 있다. 산화물 층 또는 질화물 층(120)은 Li, Na, Mg, K, Ca, Sc, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Al, B, Si, Sr, Y, Zr, Nb, Mo, Tc, Ru, Rh, Ba, La, Hf, Ta, W, Re의 산화물 또는 질화물 중 어느 하나이거나 그 조합을 포함할 수 있다. 일 실시예에서, 단위 층상 구조는 소정의 도펀트에 의해 도핑될 수 있다.
- [0052] 층상구조 칼코지나이드 층(110)은 도 1의 (a)와 (b)에 도시한 바와 같이 상부면 또는 하부면에 산화물 층 또는 질화물층(120)이 인접 배치되고, 층상구조 칼코지나이드 층(110)의 분극을 제어하기 위해 외부 자극을 인가하면 분극의 방향 및/또는 세기를 제어할 수 있으며, 이 경우, 외부 자극을 제거한 상태에서도 그 분극 상태가 유지될 수 있다.
- [0054] 도 3은 칼코지나이드 층(110)이 산화물 층 또는 질화물 층(120) 사이에 배치되는 강유전성 구조체의 단면도이다.
- [0055] 도 3를 참조하면 도 1의 층상구조 칼코지나이드 층(110)과 산화물 또는 질화물층(120)은 상부 또는 하부 방향으로 n(자연수)층까지 교호되어 반복 적층될 수 있다. 이 경우, 층상구조 칼코지나이드 층(110)의 상부 또는 하부에 인접 배치된 산화물 층 또는 질화물 층(120)을 하나의 소자(device)라고 간주하고, 상기 소자는 필요한 만큼 적층될 수 있으며, 본 발명이 이에 의해 한정되는 것은 아니다.
- [0056] 도 1에 도시된 층상구조 칼코지나이드 층(110)은 산화물 층 또는 질화물층(120) 사이에 배치될 수 있다. 층상구조 칼코지나이드 층(110)의 상부와 하부에 인접 배치된 산화물 층 또는 질화물 층(120)을 하나의 소자를 구성할 수도 있다.
- [0057] 다음은 도 4 및 도 5를 참조하여 본 발명의 실시 예에 따른 산화물 또는 질화물층과 층상구조 칼코지나이드층이 인접하여 구비된 강유전소자를 후술한다.
- [0058] 도 3은 본 발명의 실시예에 따른 강유전성 구조체를 포함하는 강유전체 소자의 동작 특성을 도시한 그래프이고 도 4는 도 3의 강유전체 소자의 반복적 동작 특성을 도시한 그래프이다.



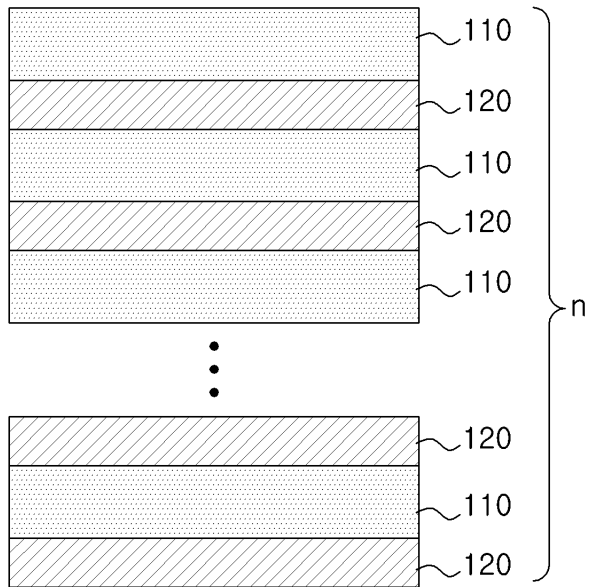
- [0059] 평가된 강유전성 구조체는, 원자층 증착법으로 형성된  $\text{Al}_2\text{O}_3$  산화물 층과 스퍼터링법으로 증착된 GeTe의 층상구조 칼코지나이드 층을 포함한다. 층상구조 칼코지나이드를 형성할 때 원자층 증착이나 스퍼터링법과 같은 비에피택셜 방법을 사용하여도 강유전성 특성을 구현할 수 있다.
- [0060] 도 4를 참조하면, 산화물 층과 층상구조 칼코지나이드층이 인접하여 형성된 강유전성 소자는 전압 신호에 의하여 분극이 제어될 수 있다. 양의 전압 신호를 인가한 경우 분극 방향은 양의 값을 갖고, 음의 전압 신호를 인가한 경우에는 분극이 소멸된다. 이러한 분극 특성은 일정 전압 내에서 큰 전압 신호를 인가할수록 향상된다.
- [0061] 층상구조 칼코지나이드 물질은 전압과 전류에 기인한 열로 쉽게 결정성 또는 원자의 정렬성을 향상시킬 수 있으므로, 바람직하게는 적절한 외부 자극을 통하여 분극 특성을 향상시킬 수도 있다.
- [0062] 도 5를 참조하면 산화물 층과 층상구조 칼코지나이드층이 인접하여 형성된 강유전성 소자는 그 강유전성 특성으로 인하여 인접한 반도체 채널에 전하 캐리어를 축적 및 공핍시키거나 이를 유지하는 것이 가능하다. 그 결과, 이러한 분극 특성의 변화에 의해 유도되는 인접 반도체 채널의 전하 캐리어의 축적 및 공핍을 반복적으로 유도하는 것이 가능하다. 또한 반복 동작 중 강유전성 특성을 소실한 경우 소정 외부 자극을 인가하여 그 특성을 초기화하여 강유전성 특성을 재발현시킬 수도 있다.
- [0063] 이와 같이 산화물 층 또는 질화물 층(120, oxide or nitride)과 층상구조 칼코지나이드층을 인접하여 형성된 강유전성 구조체(100)는 외부 자극을 가함으로써 층상구조 칼코지나이드층(110)의 분극 상태를 용이하게 제어할 수 있는 것은 물론, 종래의 강유전체보다 경제적으로 제조될 수 있을 뿐만 아니라 그 분극 특성이 안정되어 이를 정보 저장 요소로 이용하는 경우 신뢰성을 갖는 비휘발성 메모리 소자가 제공될 수 있다. 그러나, 상기 강유전성 구조체의 응용은 비휘발성 메모리 소자에 한정되는 것은 아니며, 이의 자발 분극 특성을 이용한 시냅스 소자, 논리 소자, 센서, 발전, 에너지 저장, 발광, 압전 소자 등 다양한 전기 전자 소자에 응용될 수 있다.

## 도면

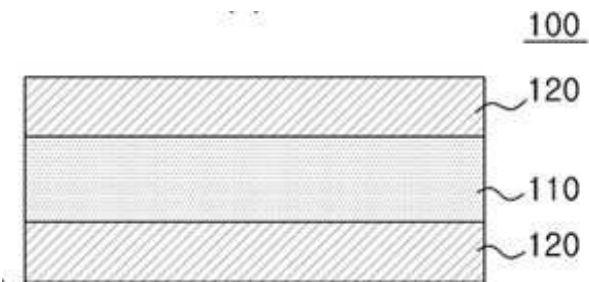
### 도면1



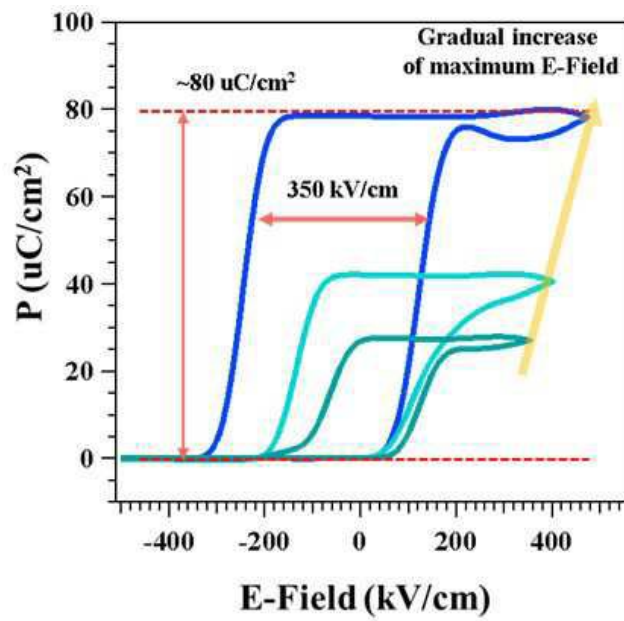
도면2



도면3



도면4



도면5

