



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2013-0089381
(43) 공개일자 2013년08월12일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 27/115 (2006.01) H01L 21/8247
(2006.01)
(21) 출원번호 10-2012-0010704
(22) 출원일자 2012년02월02일
심사청구일자 2012년02월02일

(71) 출원인
한밭대학교 산학협력단
대전광역시 유성구 동서대로 125 (덕명동)
(72) 발명자
이승윤
대전광역시 유성구 노은동 열매마을아파트
1001-102
(74) 대리인
특허법인 웰-엘엔케이

전체 청구항 수 : 총 9 항

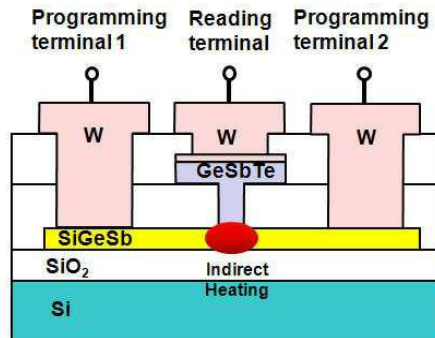
(54) 발명의 명칭 프로그래머블 스위치 소자 및 그 제조 방법

(57) 요약

SiGeSb 히터의 제조 과정을 조정하여 스위치 소자의 성능을 향상시키는 프로그래머블 스위치 소자 및 그 제조 방법에 관한 것으로, 기판상에 형성된 SiO₂ 층, 상기 SiO₂ 층상에 형성된 SiGeSb 박막층, 상기 SiGeSb 박막층상에 형성된 GeSbTe 박막층, 상기 GeSbTe 박막층상에 형성된 제1 단자를 포함하고, 상기 SiGeSb 박막층은 고저항 발열층으로 기능하고, 상기 제1 단자는 비어 홀을 통해 상기 GeSbTe 박막층과 연결되는 구성을 마련한다.

상기와 같은 프로그래머블 스위치 소자 및 그 제조 방법을 이용하는 것에 의해, SiGeSb 합금을 적용한 칼코겐화물 프로그래머블 스위치 동작을 고찰하고, 열처리 온도 및 안티몬 원자 양을 조절하여 스위치 소자의 성능을 최적화할 수 있다.

대표도 - 도1



특허청구의 범위

청구항 1

기판상에 형성된 SiO_2 층,
 상기 SiO_2 층상에 형성된 SiGeSb 박막층,
 상기 SiGeSb 박막층상에 형성된 GeSbTe 박막층,
 상기 GeSbTe 박막층상에 형성된 제1 단자를 포함하고,
 상기 SiGeSb 박막층은 고저항 발열층으로 기능하고,
 상기 제1 단자는 비어 홀을 통해 상기 GeSbTe 박막층과 연결되는 것을 특징으로 하는 프로그래머블 스위치 소자.

청구항 2

제1항에 있어서,
 상기 SiGeSb 박막층상에 형성된 제2 및 제3 단자를 더 포함하고,
 상기 제 1 내지 제3 단자는 각각 텅스텐 박막층으로 이루어지고,
 상기 제1 단자는 읽기(Reading) 단자이고, 상기 제2 및 제3 단자는 프로그래밍 단자(programming terminal)인 것을 특징으로 하는 프로그래머블 스위치 소자.

청구항 3

제2항에 있어서,
 상기 제 1 내지 제3 단자를 구비한 스위치 소자는 간접 가열형 구조인 것을 특징으로 하는 프로그래머블 스위치 소자.

청구항 4

제1항에 있어서,
 상기 SiGeSb 박막층은 $(\text{Si}_{0.8}\text{Ge}_{0.2})_x\text{Sb}_{1-x}$ 로 이루어진 것을 특징으로 하는 프로그래머블 스위치 소자.

청구항 5

제1항에 있어서,
 상기 SiGeSb 박막 내의 Sb 농도는 20~35 원자 백분율 범위인 것을 특징으로 하는 프로그래머블 스위치 소자.

청구항 6

기판상에 SiO_2 층을 형성하는 단계,
 상기 SiO_2 층상에 SiGeSb 박막층을 형성하는 단계,
 상기 SiGeSb 박막층상에 GeSbTe 박막층을 형성하는 단계,
 상기 GeSbTe 박막층상에 제1 단자를 형성하는 단계 및
 상기 SiGeSb 박막층상에 제2 및 제3 단자를 형성하는 단계를 포함하고,
 상기 SiGeSb 박막층은 고저항 발열층으로 기능하고,
 상기 제1 단자는 비어 홀을 통해 상기 GeSbTe 박막층과 연결되는 것을 특징으로 하는 프로그래머블 스위치 소자

의 제조방법.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 SiGeSb 박막층은 Si, Ge, 및 Sb 타겟을 코-스퍼터링(co-sputtering)하여 성장된 것을 특징으로 하는 프로그래머블 스위치 소자의 제조방법.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 SiGeSb 박막 내의 Sb 농도는 Sb 타겟에 인가되는 스퍼터링 전압을 바꿔서 20~35 원자 백분율 범위로 조절하는 것을 특징으로 하는 프로그래머블 스위치 소자의 제조방법.

청구항 9

제8항에 있어서,

상기 SiGeSb 박막층은 $(\text{Si}_{0.8}\text{Ge}_{0.2})_x\text{Sb}_{1-x}$ 로 이루어진 것을 특징으로 하는 프로그래머블 스위치 소자의 제조방법.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 프로그래머블 스위치 소자 및 그 제조 방법에 관한 것으로, 특히 SiGeSb 히터의 제조 과정을 조정하여 스위치 소자의 성능을 향상시키는 프로그래머블 스위치 소자 및 그 제조 방법에 관한 것이다.

배경기술

[0002] FPGA(field programmable gate array), PLA(programmable logic array), PAL (programmable array logic), CPLD(complex programmable logic device) 등과 같이 제조 단계에서는 그 기능이 고정되어 있지 않다가 사용자의 프로그래밍에 의하여 특정한 기능을 가지게 되는 전자 부품(electronic component)을 프로그래머블 로직 소자(programmable logic device, PLD)라 한다. 특히, FPGA의 경우 지속적인 성능 향상 및 제조 단가 하락에 의하여 PDP 및 LCD TV 등의 디지털 기기나 휴대형 어플리케이션으로 그 용도가 매우 넓게 확대되고 있다.

[0003] 일반적인 프로그래머블 로직 소자(PLD)는 로직 블록, 프로그래머블 스위치 소자 및 배선을 포함한다. PLD의 내부에는 사용자의 프로그래밍에 의하여 로직 블록과 배선을 연결하거나, 서로 다른 두 개의 배선을 연결하는 역할을 하는 프로그래머블 스위치 소자를 포함한다. 즉, 프로그래머블 스위치 소자는 로직 블록과 배선 또는 서로 다른 두 가지 배선 사이의 연결을 제어하며, 퓨즈(fuse), EPROM, EEPROM, SRAM, 플래시(Flash) 메모리 등을 이용한다. 이러한 프로그래머블 스위치 소자에 대해서는 하기 특허문헌 1에 개시되어 있다.

[0004] 또한 프로그래머블 스위치 소자의 상변화층은 황(S), 셀레늄(Se) 및 텔루륨(Te)중 어느 하나를 포함하는 칼코겐(chalcogen) 화합물 또는 안티몬(Sb)을 포함하는 안티몬 화합물로 이루어질 수 있다.

[0005] 즉, 칼코겐화물 합금은 S, Se, Te 원소를 포함하며 그들의 비휘발성 때문에 광학 데이터 저장 및 상 변화 메모리의 활성 물질로 개발되어 왔다. 이러한 비휘발성은 PLD 기술에서 또 다른 주요 장점으로, PLD는 시동하기 위해 필요한 시동 정보를 전력 없이 보유할 수 있기 때문이다. 또 칼코겐화물 합금은 스케일링이 용이하고 본질적으로 방사선에 강하다. 따라서, 칼코겐화물 기반 스위치 실현은 셀 면적 효율성과 PLD의 방사 내성을 증가시킬 것으로 예상된다. 칼코겐화물 합금을 사용하는 다단자 프로그래머블 스위치의 개념은 제안되었고, 서브 마이크로 기술에 기초한 시제품 소자 제작과 그 소자 동작 시연은 하기 특허문헌 1 및 2 등에 보고되었다.

[0006] 한편, 상 변화 물질은 상 변화 메모리 소자의 상이 결정질상인 경우에는 전기 전도도가 큰 반면, 상이 비정질상인 경우에는 전기 전도도가 낮다. 이러한 상의 상태는 상 변화 물질의 온도변화에 따라 결정되는데, 상 변화를 일으키기 위해서는 온도변화를 위한 열이 필요하다. 이러한 열은 전기적 저항체에 전류를 흘려줌으로써 발생하는 줄 열(Joule heating)이다. 이처럼, 결정질상과 비정질상 사이의 상 변화는 상 변화층을 통해 흐르는 전기 전류(electrical current)에 의한 줄 열에 의해 이루어지며, 이에 따라, 상 변화 메모리 소자에서는 상 변화층

의 상부 또는 하부에 발열 특성과 전기 전도 특성을 동시에 갖는 발열층이 전극(electrode)으로 사용된다.

선행기술문헌

특허문헌

[0007] (특허문헌 0001) 대한민국 공개특허공보 제2010-0069484호(2010.06.24 공개)

비특허문헌

[0008] (비특허문헌 0001) K.N. Chen, L. Krusin-Elbaum, D.M. Newns, B.G. Elmegreen, R. Cheek, N. Rana, A.M.Young, S.J. Koester, C. Lam, IEEE Electron Device Lett. 29 (2008) 131.

(비특허문헌 0002) S. Yoon, S. Jung, S. Lee, Y. Park, B. Yu, IEEE Electron Device Lett. 30 (2009) 371.

(비특허문헌 0003) S.-Y. Lee, Y. Park, S.-M. Yoon, S.-W. Jung, J. Lee, B.-G. Yu, Microelectron. Eng. 85 (2008) 2342.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0009] 그러나, 상술한 바와 같은 칼코겐화물 기반의 메모리 소자에서 발열층은 매우 중요한 역할을 한다. 그것은 칼코겐화물 합금 내의 상 변화를 촉진하는 여분의 열을 제공하거나 금속 라인을 통한 방열을 억제한다. 칼코겐화물 스위치의 성능은 칼코겐화물 메모리의 경우와 마찬가지로 히터 특성에 매우 의존하지만 스위치 소자의 발열층에 관한 광범위한 논의는 이루어지지 않았다.

[0010] 본 발명의 목적은 SiGeSb 합금을 적용한 칼코겐화물 프로그래머블 스위치 동작을 고찰하고, 열처리 온도 및 안티몬 원자 양을 조절하여 스위치 소자의 성능을 향상시킨 프로그래머블 스위치 소자 및 그 제조 방법을 제공하는 것이다.

[0011] 본 발명의 다른 목적은 높은 저항과 낮은 저항 상태 사이에서의 온-오프(on-off) 스위치 특성을 갖는 프로그래머블 스위치 소자 및 그 제조 방법을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0012] 상기 목적을 달성하기 위해 본 발명에 따른 프로그래머블 스위치 소자는 기판상에 형성된 SiO₂ 층, 상기 SiO₂ 층상에 형성된 SiGeSb 박막층, 상기 SiGeSb 박막층상에 형성된 GeSbTe 박막층, 상기 GeSbTe 박막층상에 형성된 제1 단자를 포함하고, 상기 SiGeSb 박막층은 고저항 발열층으로 기능하고, 상기 제1 단자는 비어 홀을 통해 상기 GeSbTe 박막층과 연결되는 것을 특징으로 한다.

[0013] 또 본 발명에 따른 프로그래머블 스위치 소자에 있어서, 상기 SiGeSb 박막층상에 형성된 제2 및 제3 단자를 더 포함하고, 상기 제1 내지 제3 단자는 각각 텅스텐 박막층으로 이루어지고, 상기 제1 단자는 읽기(Reading) 단자이고, 상기 제2 및 제3 단자는 프로그래밍 단자(programming terminal)인 것을 특징으로 한다.

[0014] 또 본 발명에 따른 프로그래머블 스위치 소자에 있어서, 상기 제1 내지 제3 단자를 구비한 스위치 소자는 간접 가열형 구조인 것을 특징으로 한다.

[0015] 또 본 발명에 따른 프로그래머블 스위치 소자에 있어서, 상기 SiGeSb 박막층은 (Si_{0.8}Ge_{0.2})_xSb_{1-x}로 이루어진 것을 특징으로 한다.

- [0016] 또 본 발명에 따른 프로그래머블 스위치 소자에 있어서, 상기 SiGeSb 박막 내의 Sb 농도는 20~35 원자 백분율 범위인 것을 특징으로 한다.
- [0017] 또한 상기 목적을 달성하기 위해 본 발명에 따른 프로그래머블 스위치 소자의 제조방법은 기판상에 SiO₂ 층을 형성하는 단계, 상기 SiO₂ 층상에 SiGeSb 박막층을 형성하는 단계, 상기 SiGeSb 박막층상에 스퍼터링에 의해 GeSbTe 박막층을 형성하는 단계, 상기 GeSbTe 박막층상 및 SiGeSb 박막층상에 스퍼터링에 의해 제1, 제2 및 제3 단자를 형성하는 단계를 포함하고, 상기 SiGeSb 박막층은 고저항 발열층으로 기능하고, 상기 제1 단자는 비어홀을 통해 상기 GeSbTe 박막층과 연결되는 것을 특징으로 한다.
- [0018] 또 본 발명에 따른 프로그래머블 스위치 소자의 제조방법에 있어서, 상기 SiGeSb 박막층은 Si, Ge, 및 Sb 타겟을 코-스퍼터링(co-sputtering)하여 성장된 것을 특징으로 한다.
- [0019] 또 본 발명에 따른 프로그래머블 스위치 소자의 제조방법에 있어서, 상기 SiGeSb 박막 내의 Sb 농도는 Sb 타겟에 인가되는 스퍼터링 전압을 바꿔서 20~35 원자 백분율 범위로 조절하는 것을 특징으로 한다.
- [0020] 또 본 발명에 따른 프로그래머블 스위치 소자의 제조방법에 있어서, 상기 SiGeSb 박막층은 (Si_{0.8}Ge_{0.2})_xSb_{1-x}로 이루어진 것을 특징으로 한다.

[0021]

발명의 효과

- [0022] 상술한 바와 같이, 본 발명에 따른 프로그래머블 스위치 소자 및 그 제조 방법에 의하면, SiGeSb 합금을 적용한 칼코겐화물 프로그래머블 스위치 동작을 고찰하고, 열처리 온도 및 안티몬 원자 양을 조절하여 스위치 소자의 성능을 최적화할 수 있다는 효과가 얻어진다.

도면의 간단한 설명

- [0023] 도 1은 SiGeSb 발열층을 적용하는 칼코겐화합물 프로그래머블 스위치 소자의 모식도,
 도 2는 열처리 온도와 Sb 농도의 함수로서 SiGeSb 발열층의 전기적 저항 변화를 나타내는 그래프,
 도 3은 열처리 온도 525℃에서 Si_{0.8}Ge_{0.2})_{0.72}Sb_{0.28} 층의 평면 SEM 사진,
 도 4는 (a)18.7kΩ의 히터 저항, (b)6.0kΩ의 히터 저항, (c)5.3kΩ의 히터 저항에서 SiGeSb 발열층을 적용하는 칼코겐화합물 프로그래머블 스위치 소자에 대한 셀 저항 대 인가 전압의 관계를 나타내는 그래프,
 도 5는 수평 구조로 이루어진 대표적인 칼코겐화합물 프로그래머블 스위치 소자의 모식도.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0024] 본 발명의 상기 및 그 밖의 목적과 새로운 특징은 본 명세서의 기술 및 첨부 도면에 의해 더욱 명확하게 될 것이다.
- [0025] 먼저 본 발명의 기본 개념에 대해 설명한다.
- [0026] 본 발명은 저항 가열 발열층으로 SiGeSb 합금을 적용한 칼코겐 화합물 프로그래머블 스위치의 스위칭 거동을 제시한다. 간접 가열 구조 내에서 GeSbTe 칼코겐 화합물 합금과 연결된 스퍼터 증착된 SiGeSb 층은 GeSbTe 합금의 온도 상승 및 상변화를 발생시킨다. SiGeSb 층의 전기 저항은 열처리 온도 및 Sb의 원자 백분율(atomic percent)에 따라 변화한다. 스위치 소자는 높은 저항과 낮은 저항 상태 사이에서의 온-오프(on-off) 스위치 특성을 나타내며, 스위칭 거동은 열처리 온도 및 안티몬 원자 양에 의존하는 SiGeSb 히터 저항의 영향을 크게 받는다.
- [0027] 이하, 본 발명의 구성을 도면에 따라서 설명한다.
- [0028] 도 1은 SiGeSb 발열층을 적용하는 칼코겐화합물 프로그래머블 스위치 소자의 모식도이다.

- [0029] 도 1에 도시된 프로그래머블 스위치 소자는 다음과 같은 순서로 제작한다.
- [0030] 먼저 Si <100> 웨이퍼 위에 열산화에 의해 SiO₂ 층을 형성한다.
- [0031] 100nm 두께의 SiGeSb 박막은 Si, Ge, 및 Sb 타겟을 코-스퍼터링(co-sputtering)하여 성장시킨다. SiGeSb 박막을 불활성 기체 분위기에서 열처리하고 패터닝 하여 발열층을 형성하였다.
- [0032] 본 발명에서 발열층 하부에 위치하는 저저항 하부 전극은 일반적인 상변화 메모리 소자와는 달리 스위치 소자는 포함시키지 않는다. 왜냐하면 효과적인 간접 가열되기 위해 인가된 전류는 고저항 발열층에 국한되어야 하기 때문이다. 스퍼터링을 이용하여 300nm 두께의 GST(GeSbTe) 박막과 50nm 두께의 텅스텐 박막을 층간(intermetal) SiO₂ 층에 형성하는 $0.5 \times 0.5 \mu\text{m}^2$ 크기의 세공(pore) 내에 연속적으로 증착하고, 리프트 오프(lift-off) 공정을 이용하여 패터닝 한다. 스퍼터 증착으로 형성된 SiGeSb 발열층의 양쪽과 텅스텐 금속선을 연결하여 두 개의 프로그래밍 단자(programming terminal)를 형성한다. GeSbTe 층과 텅스텐 금속선을 비어를 통해 연결하여 읽기(Reading) 단자를 형성한다. SiGeSb의 비저항은 SiGeSb 내의 Sb 양에 매우 의존적이므로 SiGeSb 발열층은 스위치 성능의 최적화에 이점이 있다.
- [0033] 프로그래밍 전압에 의해 유발되는 스위치 소자 내에서의 셀 저항 변화를 얻기 위하여 우선 1μs 폭의 전압 펄스를 두 개의 프로그래밍 단자를 통해 인가한다. 다음으로 읽기 단자 1개와 프로그래밍 단자 1개를 반도체 파라미터 분석기에 연결하고 0.1V에서 셀 저항을 측정한다. 이러한 측정 과정은 프로그래밍 전압 펄스의 진폭을 증가시켜 최대 입력 전압 한계에 도달할 때까지 반복한다.
- [0034] 도 2는 열처리 온도와 Sb 농도의 함수로서 SiGeSb 발열층의 전기적 저항 변화를 나타내는 그래프로서, 여러 제조 조건에서 제작한 SiGeSb 발열층의 저항값을 나타낸다. (Si_{0.8}Ge_{0.2})_{0.8}Sb_{0.2} 발열층의 저항은 온도가 550℃에 이를 때까지 증가하여 4.8kΩ에 도달하는데 이것은 열처리에 의해 Sb 원자의 활성화가 촉진된다는 사실에 부합한다. 저항은 열처리 온도에 명백히 의존하는 반면에 Sb 원자 양의 효과는 다소 불규칙적이다. 525℃의 열처리 온도에서 (Si_{0.8}Ge_{0.2})_{0.8}Sb_{0.2} 층의 저항은 다른 것들에 비해 매우 높으나, (Si_{0.8}Ge_{0.2})_{0.72}Sb_{0.28} 및 (Si_{0.8}Ge_{0.2})_{0.65}Sb_{0.35} 층 사이에는 미미한 저항 차이가 있다. (Si_{0.8}Ge_{0.2})_{0.72}Sb_{0.28} 및 (Si_{0.8}Ge_{0.2})_{0.65}Sb_{0.35} 층의 표면 형상에서 도 3에 나타난 바와 같이 열처리 단계 후에 나타나는 다수의 보이드(void)가 발견되었다. 도 3은 열처리 온도 525℃에서 (Si_{0.8}Ge_{0.2})_{0.72}Sb_{0.28} 층의 평면 SEM 사진이다.
- [0035] SiGeSb 발열층을 포함하는 3 종류의 스위치 소자를 열처리 온도와 Sb 농도를 최적화하여 제작하고, 스위치 소자 동작에 미치는 SiGeSb 히터 저항의 효과를 고찰하였다. 히터 저항이 50kΩ 이상인 경우에는 인가 전압 펄스가 소자 셀 저항에 아무런 변화를 일으키지 못하였는데 왜냐하면 발열층을 통한 전류의 흐름이 너무나 미미하여 칼코겐화물 합금을 가열하지 못하기 때문이다.
- [0036] 도 4는 (a)18.7kΩ의 히터 저항, (b)6.0kΩ의 히터 저항, (c)5.3kΩ의 히터 저항에서 SiGeSb 발열층을 적용하는 칼코겐 화합물 프로그래머블 스위치 소자에 대한 셀 저항 대 인가 전압의 관계를 나타내는 그래프이다.
- [0037] 도 4에서 알 수 있는 바와 같이, 히터 저항이 18.7kΩ일 때에는 비정질상에서 결정상으로의 상 변화(즉, 셋 천이(set transition))가 9V의 매우 높은 전압에서 발생하나, 결정상에서 비정질 상으로의 상 변화(즉, 리셋 천이(reset transition))는 측정 시스템에서의 최대 인가 전압 한계치에서도 발생하지 않는다(도 4(a)). 히터 저항이 6.0kΩ 이하로 감소하면, 셋 및 리셋 천이 두 개 모두 관찰된다(도 4(b) 및 도 4(c)). 셋 천이가 시작되는 인가 전압은 히터 저항이 6.0kΩ이고 5.3kΩ인 소자 사이에서 완전히 다른 반면에 리셋 천이가 시작되는 인가 전압 7~8V로 비슷하다.
- [0038] 스퍼터 증착으로 형성된 SiGeSb 막의 저항은 400℃의 열처리 온도에서 두 자리(order) 크기 범위 내에서 Sb 농도가 증가함에 따라 급격하게 감소된다는 결과가 보고되었다(상기 비특허문헌 3). 그러나 도 2에서와 같이 Sb 원자의 양은 저항에 큰 영향을 미치지 않는다. 본 발명과 종래의 기술 사이에서의 서로 다른 결과의 이유는 열처리 온도 525℃에서 (Si_{0.8}Ge_{0.2})_{0.72}Sb_{0.28} 및 (Si_{0.8}Ge_{0.2})_{0.65}Sb_{0.35} 층 내에서의 심각한 Sb 외부 확산(outdiffusion)에 의한 상당한 양의 Sb 손실 때문인 것으로 생각된다. Sb는 열처리 동안 실리콘 모체로부터 표면 쪽으로 이동하는 것으로 잘 알려져 있다. 또한, 진공 분위기에서 Sb 녹는점(631℃)에 근접한 열처리 온도에서 외부 확산된 Sb 원자들이 쉽게 기화되는 것은 거의 확실하다. SiGeSb 층 내에서의 Sb 농도가 높을수록 외부 확산 및 기화(vaporization)가 심각하게 발생하는 것은 도 3의 SEM 사진으로부터 명확하다.

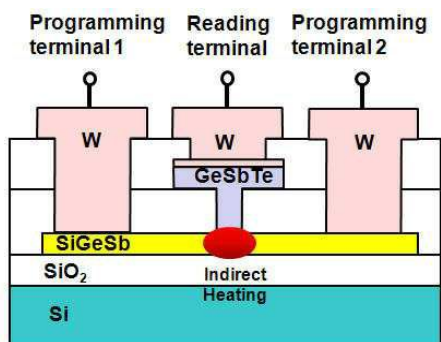
- [0039] SiGeSb 발열층은 스위치 소자 내의 칼코겐화물 합금을 간접 가열하는 역할을 한다. 발열층으로부터 발생하는 저항 주열 열은 칼코겐화물의 온도 상승과 상변화를 유발하는데 이것은 수평 및 수직 구조의 상변화 스위치 내에서 칼코겐화물을 흐르는 전류에 의해 비롯되는 칼코겐화물 합금의 자체발열과는 근본적으로 다르다. 본 발명의 간접 가열 구조는 수평 구조에서 발생하는 부분 셋(partial set)을 억제하는 효과가 있다(도 5 참조).
- [0040] 도 5는 수평 구조로 이루어진 대표적인 칼코겐화합물 프로그래머블 스위치 소자의 모식도로서, P는 프로그래밍 단자를 나타내고, R은 리딩 단자를 나타낸다.
- [0041] 두 개의 프로그래밍 단자를 이용하여 리셋 프로그래밍을 실시하면, 칼코겐화물 합금 중앙에 고저항의 비정질 상이 생성되기 때문에 두 개의 읽기 단자를 통한 전기 신호 전달이 차단된다. 한편, 비정질 상의 전체가 아닌 일부분에 저저항의 결정상 채널이 형성되는 것을 의미하는 부분 셋은 셋 프로그래밍 후에 자주 발생한다. 고저항의 비정질 상이 전기 신호 전달 경로를 가로질러 여전히 잔류하므로 전기 신호는 읽기 단자 사이에서 용이하게 전달될 수 없다.
- [0042] 이러한 불충분한 결정화는 비정질 상의 한정된 영역을 통해 셋 프로그래밍 전류가 흐르는 것에 기인한다. 이러한 불균일한 전류 흐름은 기생 정전용량의 크기 및 비정질 상의 모양과 밀접한 관련이 있다는 사실이 잘 알려져 있다. 비정질 상 전체를 결정질 상으로 변화시키기 위해서는 매우 큰 셋 프로그래밍 전류가 필요하다. 다른 대안으로, 간접 가열 구조를 채택하여 칼코겐화물 합금 내에서의 불균일한 전류 흐름에서 기인하는 부분 셋 문제를 피할 수 있다. 칼코겐화물에 전류가 흐르면서 상 변화가 일어나는 수평 구조의 스위치 소자와는 달리 간접 가열 구조의 스위치 소자는 간접 가열에 의해 상 변화가 유발되므로 불균일한 전류 흐름의 문제가 발생하지 않으며 따라서 셋 프로그래밍 이후에도 매우 낮은 저항값을 나타낸다.
- [0043] 발열층으로부터 발생하는 저항 주열 열은 $(\text{인가전압})^2 / (\text{발열 저항})$ 에 비례하므로 상변화를 위해 큰 히터 저항을 갖는 스위치 소자에는 더 높은 전압을 가해야 한다. 그러나 6.0kΩ와 5.3kΩ의 히터 저항에서의 스위치 특성은 도 4(b) 및 도 4(c)에서와 같이 다소 복잡한 양상을 나타낸다. 5.3kΩ의 히터 저항일 때 셋 전이에 필요한 전압이 높은 것은 저항 주열 발열에 대해 앞에서 고려한 것과 반대되는 것으로 보이나, 이것은 저저항의 발열 층을 통해 용이해진 열전도가 칼코겐화물 합금의 온도 상승을 방해한다는 사실에 기초한 것으로 판단된다.
- [0044] 일반적으로 칼코겐화물 합금 내에서의 결정화를 위한 셋 전이는 칼코겐화물 용해 및 급속냉각을 위한 리셋 전이에 비해 긴 시간 주기가 필요하다. 따라서 발열층을 통한 열손실은 리셋 전이와 비교할 때 셋 전이 내에서 더욱 효과가 크다. 위 가정은 히터 저항이 셋 전이 전압에만 영향을 미친다는 사실로부터 뒷받침된다. 셋 전이가 5.3 kΩ의 히터 저항일 때 더 큰 전압에서 발생하였으므로 셋 및 리셋 전이를 위한 스위칭 전압 범위가 제한되었으며 이것은 그 히터 저항값이 스위치 동작에 적절하지 않다는 것을 의미한다. 히터 저항에 따른 스위칭 거동의 이러한 의존성은 넓은 전압 윈도우 내에서 작은 전압으로 스위치 소자를 프로그래밍하기 위해서는 최적의 히터 저항이 선택되어야 한다는 것을 나타낸다.
- [0045] 상술한 바와 같이, 본 발명에서는 히터 소재로 SiGeSb 합금을 적용하여 3 단자 칼코겐 화합물 프로그래머블 스위치를 제작한다. 다양한 조성의 SiGeSb 박막은 코-스피터링 법 및 후속 열처리를 이용하여 형성한다. SiGeSb 층의 저항은 열처리 온도에 반비례하지만, SiGeSb 층에서 Sb 농도가 증가할 때에는 감소하다가 일정하게 된다. 포화된 저항값은 높은 Sb 농도에서 생긴 많은 수의 보이드와 밀접한 관련이 있다. 스위치 소자는 높은 저항과 낮은 저항 상태 사이의 스위칭 특성을 보이며, SiGeSb 발열층의 저항은 스위치 작동에 지대한 영향을 미친다. 이러한 실험결과로부터 스위치 소자의 성능은 SiGeSb 히터의 제조 과정을 조정함으로써 향상시킬 수 있다.
- [0046] 이상 본 발명자에 의해서 이루어진 발명을 상기 실시 예에 따라 구체적으로 설명하였지만, 본 발명은 상기 실시 예에 한정되는 것은 아니고 그 요지를 이탈하지 않는 범위에서 여러 가지로 변경 가능한 것은 물론이다.

산업상 이용가능성

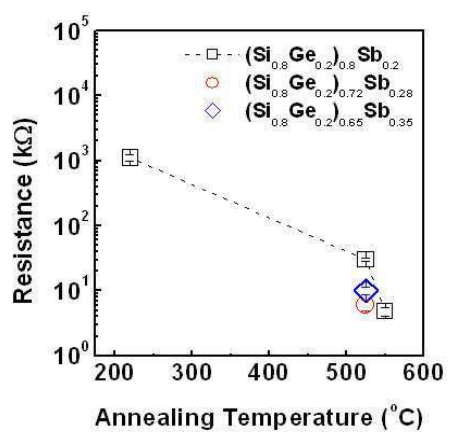
- [0047] 본 발명에 따른 프로그래머블 스위치 소자 및 그 제조 방법은 사용자의 프로그래밍에 의하여 특정한 기능을 가지게 되는 전자 부품에 이용된다.

도면

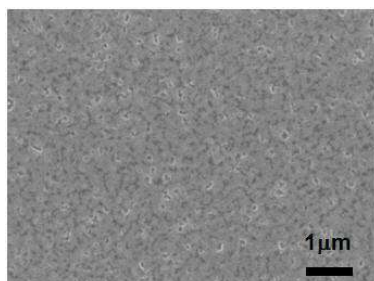
도면1



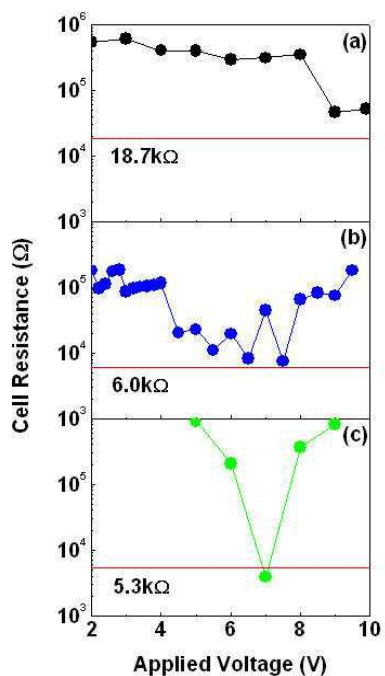
도면2



도면3



도면4



도면5

