

Novel GST/TiAlN 구조를 갖는 상변화 메모리 소자의 전기적 특성

이남열, 최규정, 윤성민, 류상옥, 박영삼, 이승윤, 유병곤
한국전자통신연구원, 기반기술연구소

Electrical Properties of Phase Change Memory Device with Novel GST/TiAlN structure

Nam-Yeal Lee, Kyu-Jeong Choi, Sung-Min Yoon, Sang-Ouk Ryu, Young-Sam Park, Seung-Yun Lee and Byoung-Gon Yu
Basic Research Laboratory, Electronics & Telecommunications Research Institute (ETRI)

Abstract : PRAM (Phase Change Random Access Memory) is well known to use reversible phase transition between amorphous (high resistance) and crystalline (low resistance) states of chalcogenide thin film by electrical Joule heating. In this paper, we introduce a stack-type PRAM device with a novel GST/TiAlN structures (GST and a heating layer of TiAlN), and report its electrical switching properties. XRD analysis result of GST thin film indicates that the crystallization of the GST film start at about 200°C. Electrical property results such as I-V & R-V show that the phase change switching operation between set and reset states is observed, as various input electrical sources are applied.

Key Words : PCM, Chalcogenide, GST, TiAlN, Resistance

1. 서 론

칼코겐나이드 상변화 재료를 이용한 상변화 메모리 소자인 PRAM은 고속의 메모리 동작 특성과 나노 스케일에 의한 고집적화를 실현할 수 있는 안정적인 차세대 비휘발성 메모리 후보로서 최근에 많은 주목을 받고 있는 메모리 소자이다[1-2]. PRAM의 동작원리는 다음과 같다. 인가된 전기적 신호에 의해 발열층(heating layer)이 Joule heating 되며, 이로 인해 칼코겐나이드 상변화 재료가 결정 및 비정질간의 가역적인 상전이를 겪게 되는데, 결정상에 따른 전기적 저항 차이를 이용하여 메모리 동작을 실현한다. 현재까지 상변화 재료는 읽고 쓰기형의 CD-RW, DVD-RW 등의 광디스크 저장매체 분야에서 연구가 널리 진행되어 왔으며, 이 분야에서는 상변화 재료 특성에 대한 연구가 상당히 진척되어 수많은 실험 결과가 보고되고 있다. 그러나 상변화 재료를 단위 메모리 소자에 적용하여 전기적 특성을 평가한 연구 결과는 그리 많지 않은 실정이다. 최근 상변화 메모리 소자의 연구 동향은 소비전력을 낮추고 소자의 안정성(Reliability)을 확보하는데 초점이 맞추어지고 있으며[3], 이러한 문제를 해결하기 위하여 새로운 상변화 재료뿐만 아니라 발열전극에 대한 연구가 매우 중요하게 대두되고 있다. 특히 TiAlN는 전기전도도(Electrical conductivity)와 비열(specific heat), 열팽창성(Thermal expansion)등이 낮은 특성을 보이고 있으므로, 소자의 소비전력을 낮추고 신뢰성을 향상시키는데 유리한 장점들을 가지고 있다. 따라서 발열층으로 적용하기에 적합한 특성을 가지고 있는 전극재료로 판단된다. 본 연구에서는 가장 대표적인 상변화 메모리용 재료인 $Ge_2Sb_2Te_5$ (GST)와 새로운 발열층인 TiAlN을 이용하여 GST/TiAlN 구조를 갖는 상변화 메모리 소자를 제작하였으며, 다양한 전기적 특성 평가 실험을 통하여 상변화 메모리 소자의 스위칭 동작 특성을 확인하였다.

2. 실험

상변화 메모리 소자를 제작하기 위한 공정은 다음과 같다. 먼저, SiO_2/Si 기판위에 TiAlN/TiW 구조의 하부 전극층을 형성한 후 PECVD를 이용하여 SiO_2 절연층을 그 위에 증착하였다. 그리고 하부 전극과 상변화 재료 사이에 contact를 위한 hole를 형성하기 위하여 드라이 에칭법을 사용하였으며, 디자인된 contact hole의 최소 크기는 0.5 μ m이다. GST 박막 제작은 RF-magnetron 스퍼터링 방법을 사용하여 상온에서 증착하였으며, 상부 전극으로는 텅스텐을 사용하였다. 마지막으로 제작된 상변화 소자의 GST 박막의 결정화를 위해 N_2 분위기 중에서 200°C, 10분간의 열처리를 실시하였다. GST 박막의 결정 상태는 X선 회절법에 의해 분석하였으며, four point probe를 이용하여 GST 박막과 발열전극의 온도에 따른 면저항 값을 측정하였다. 또한 상변화 메모리 소자의 결정 상태와 비정질 상태로의 스위칭 동작 특성을 확인하기 위하여 측정 시스템을 구축하여 전기적 특성을 평가하였다.

3. 결과 및 검토

그림 1은 열처리 온도에 따른 GST 박막의 결정 구조(a)와 면저항 특성(b)을 분석한 결과이다. 상온에서 증착된 GST 박막은 비정질 상태를 보이지만 200°C 이상의 온도에서 열처리된 GST 박막은 중간상인 FCC의 방향성을 보이는 결정 구조를 가진다. 그리고 350°C 이상의 열처리 온도에서는 GST의 안정상인 HCP 방향성이 관찰되었다. 또한 면저항 특성도 열처리 온도 180°C 이상에서 면저항이 급격하게 감소하는 특성이 관찰되었다. 이상의 결과로부터 GST 박막은 150°C~200°C 사이에서 결정화가 됨을 확인할 수 있었다.

그림 2는 발열전극인 TiAlN의 AI Power의 증가에 따른 저항의 특성변화와 RMS 거칠기의 변화를 보이고 있다.

Ti의 증착 파워를 200W로 고정하였을 때, Al의 파워가 약 80W 이상에서 TiAlN의 저항값이 증가하는 경향을 보이며, 반면에 표면상태나 RMS 거칠기는 큰 변화를 보이지 않는 것을 확인 할 수 있었다.

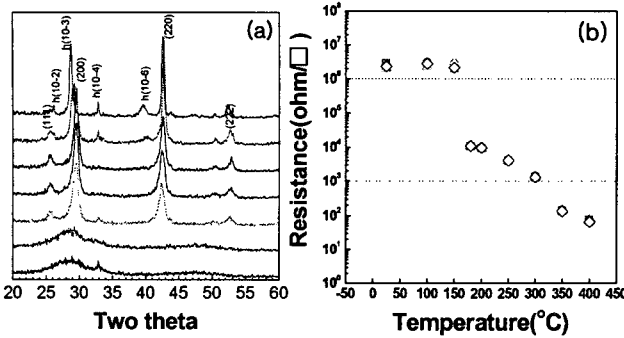


그림 1. (a) GST 박막의 열처리 온도에 따른 XRD 결과와 (b) GST 박막의 열처리 온도에 따른 면저항 특성변화

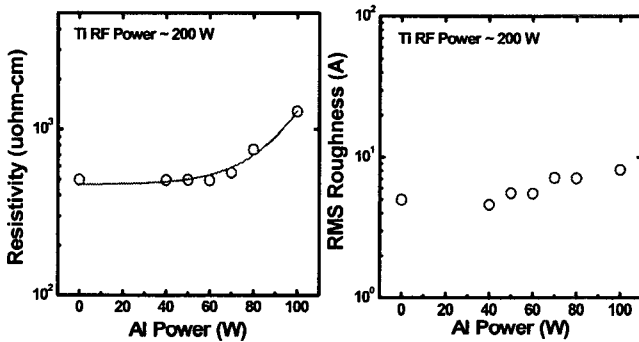


그림 2. (a) TiAlN 발열전극의 Al 증착 power의 증가에 따른 저항변화와 RMS 거칠기의 특성변화

그림 3은 stack type 구조로 제작된 상변화 메모리 소자의 구조도를 보이고 있다. W/GST/TiAlN 구조를 가지며, 발열층인 TiAlN은 저항값은 약 1000 μ ohm-cm 값을 갖는다.

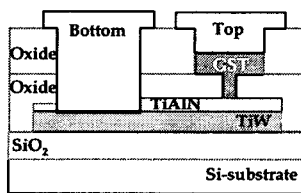


그림 3. 제작된 상변화 소자의 구조도

그림 4는 GST/TiAlN 구조를 가지는 상변화 메모리 셀의 I-V 스위칭 특성 곡선을 보이고 있다. 초기 결정상태의 셀에 Reset 펄스를 인가하여 GST 박막을 고저항의 비정질 상태로 상변화 시킨 후에 current source를 인가하여 측정하였다. 특성 곡선에서 보이는 바와 같이 셀에 인가된 전기 에너지가 문턱전압 (V_{th}) 넘어서면서 저저항의 결정 상태로 변화하는 상변화 스위칭 동작을 보이는 것을 확인할 수 있으며, 이때의 V_{th} 는 약 1.9V 정도의 값을 보

이고 있다. 그림5는 인가된 리셋 펄스의 크기에 따른 R-V 특성 곡선을 보이고 있다. 펄스폭은 100ns로 고정하고, 펄스의 전압크기를 증가시키에 따라 set 상태에서 reset 상태로 상변화 하는 동작을 보이는 것을 확인할 수 있었으며, 이때 저항비(이득률)는 최소 수 백배 이상을 보였다.

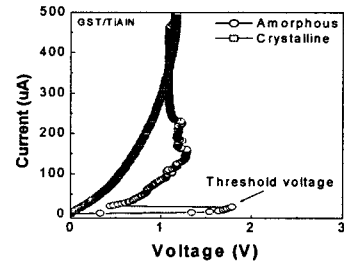


그림 4. 제작된 상변화 메모리 셀의 I-V 스위칭 특성곡선

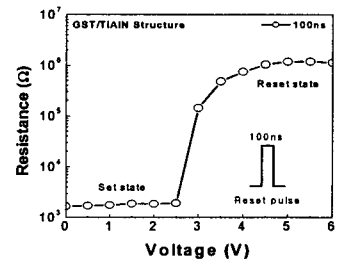


그림 5. GST/TiAlN 구조를 가지는 상변화 메모리 셀의 리셋 동작의 R-V곡선

4. 결론

본 연구에서는 상변화 재료인 $Ge_2Sb_2Te_5$ 와 새로운 발열 전극인 TiAlN를 이용하여 stack type의 상변화 소자를 제작하여 전기적 특성을 평가하였다. GST 박막의 재료분석결과, 약 200 $^{\circ}$ C이상의 온도에서 결정성이 보이며, 이때 면저항도 급격하게 감소하였다. 또한, TiAlN 발열 전극 증착시, Al power의 조절에 의하여 발열층의 저항값을 변화시킬 수 있었다. 제작된 GST/TiAlN 구조의 상변화 메모리 셀의 전기적 특성 평가결과 I-V & R-V 등의 특성 곡선으로부터 상변화 메모리 스위칭 동작특성을 확인하였다. 따라서 GST/TiAlN 구조를 비휘발성 상변화 메모리에 적용하기에 가능할 것으로 사료된다.

감사의 글

This study was supported by "The National Research Program for the 0.1 Terabit Nonvolatile Memory Development" supported by Korea Ministry of Commerce, Industry of Energy.

참고 문헌

- [1] S.R. Ovshinsky, phys. Rev. Lett. 21 p. 1450, 1968
- [2] Y. N. Whang et al., Tech. Dig. IEDM, p. 893, 2003
- [3] S. H. Lee et al., Tech. Dig. Symp. VLSI Tech., p. 20, 2004.