

Structural Analysis of N-doped $\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$ Material for Phase Change Memory by Transmission Electron Microscopy

박주철¹, 박종봉¹, 이장호¹, 박경수¹, 호리이², 박순오², 고관협², 정홍식²

¹삼성종합기술원, Analytical Engineering Center

²삼성전자, Memory Division

Phase change Random Access Memory(PRAM)은 상변화에 따른 저항의 차이로 정보를 저장 및 재생하는 메모리 소자로서, Flash memory보다 저장 속도가 빠르고, 생산 단가가 비교적 저렴하므로 차세대 고집적 비 휘발성 메모리로서 주목 받고 있다. PRAM에 사용되는 기본 재료는 상변화가 낮은 온도에서 빠르게 일어나는 Chalcogenide계 물질이며, 그 중에서도 CD-RW와 DVD광학 메모리 디스크에 사용되어왔던 $\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$ (GST)를 PRAM소자에 적용하기 위한 연구가 최근 많이 되고 있다. 또한 PRAM의 집적도를 높이기 위하여 소자 구조 개선과 재료 개발 측면에서 연구가 활발히 진행되고 있다[1]. 본 발표는 재료 개선을 위해 $\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$ 에 N doping을 하였을 때 $\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$ 결정 특성 변화와 N-doped GST를 이용한 소자의 SET 및 RESET시 programming 영역에서의 결정 구조 변화에 대해 다루고자 한다.

_____ Nitrogen doped GST (N-doped GST)는 GST 증착시에 Ar과 함께 N_2 를 혼합 시켜 얻었고, 증착 온도는 200~300℃ 이었으며 Annealing 온도는 350℃ 이었다. 그리고 N-doped GST를 이용하여 64M PRAM Cell을 제작하였다. 각 단계에서의 GST결정 구조 변화를 관찰하기 위해서 TEM BF/DF/DP/HREM 분석을 실시하였으며, 직경이 약 50 nm인 Cell내 Programming volume의 결정 구조 해석을 위하여 JEMS program을 이용하여 HREM Simulation하였다.

Undoped GST의 경우 주로 NaCl구조를 가지고 있었고, DP에서 그 외 다른 패턴과 Streak들이 관찰되었는데 이는 HCP 또는 Stacking Fault에 기인하였다. N doping 한 경우에도 모두 NaCl 구조를 가지고 있었고, N doping 양이 증가할수록 Grain Size는 감소하였으며 4% doping한 시료에서는 nano grain 형태를 보였다. 또한 N의 양이 증가할수록 박막 표면과 계면의 Roughness가 감소하였다. Annealing 후에는 FCC보다는 HCP 구조가 더 많음을 확인하였다. 이로서 GST의 경우 약 350℃ 이하에서는 주로 NaCl구조를 가지며, 그 이상에서는 HCP구조로 변환된다는 것을 알 수 있었다.

Initial, Set 및 Reset State에서의 programming area의 결정 구조 변화를 관찰하기 위하여 HREM 분석한 결과, Initial 및 Set State에서의 결정 구조는 NaCl과 HCP가 혼재하고 있어 GST 박막 Dep. 상태와 유사하였으며, HCP GST는 GST Cell내 전체적으로 분포하고 있었으나 하부 SiO_2 계면 부근에서 가장 많이 관찰되었다. Reset State에서는 programming area가 비정질화 되어

있었고, 또 다른 조건의 Reset State에서는 초기 상태와는 또 다른 결정 영역이 관찰되었는데 이는 잠열에 의해 생성된 것이라 사료된다.

HCP구조와 NaCl구조의 HREM simulation결과, Kooi[2]등이 제안한 모델보다는 Yamada[3]가 제안한 모델을 사용하였을 때 simulated image와 실험 이미지가 잘 일치하였다. Simulation 결과 HCP GST는 BEC영역에서 계면에 수직한 c축 방향으로 우선 성장하였고, 관찰된HCP GST 단면 방향은 주로 (120), (1-10)면들과 (100), (110) 면들임을 알 수 있었다.

References

1. H.Horii et al. "A Novel Cell Technology Using N-doped GeSbTe Films for Phase Change RAM", Symposium on VLSI Technology Digest of .Technical Papers, 2003 pp.177
2. B.J. Kooi & J.T.M. De Hosson, J. Appl. Phys.Vol. 92, No. 7, 3584-3590 (2002)
3. N. Yamada et al., "Rapid-phase transitions of GeTe-Sb₂Te₃pseudobinary amorphous thin films for an optical disk", J. Appl. Phys., Vol. 69, No. 5, 2852 (1991)