

비정질 CoNbZr 하지층 및 상지층이 스핀밸브의 Mn 확산에 미치는 영향

고려대학교 조호건*, 김영근, 이성래

Effect of an Amorphous CoNbZr Under and Capping Layers on Mn diffusion in Spin Valves

Korea University Ho Gun Cho*, Young Keun Kim, Seong-Rae Lee

1. 서론

고밀도 자기기록 매체의 재생 헤드 및 자기 센서로 응용되고 있는 스핀밸브가 실제 소자로서 올바르게 작동되기 위해서는 소자 제조($\sim 400^\circ\text{C}$) 및 작동시($\sim 150^\circ\text{C}$) 발생되어지는 열에 대해서 안정해야한다. 비정질 재료는 결정화된 재료보다 높은 전기저항, 낮은 보자력, 고민감도, 좋은 부식저항성, 그리고 열적으로 안정한 특성을 가지고 있다. 일반적으로 스핀밸브에서 나타나는 열화현상 중 가장 주된 원인은 반강자성체에 사용된 Mn이 고정층 및 비자성층으로의 확산과 비자성체 계면에서의 intermixing으로 인해 반강자성체/강자성체 사이의 교환결합력의 감소와 스핀의존산란이 감소되어 자기적 특성이 열화되는 것이다.[1,2] 이러한 상호확산은 거칠기, 결정성, 결정립 크기와 같은 미세구조에 크게 의존하며 사용되어지는 하지층에 크게 영향을 받는다.[3] 따라서 본 연구에서는 반강자성체로 IrMn을 사용하고 하지층과 상지층으로 Ta를 사용한 전형적인 스핀밸브와 비정질 CoNbZr을 하지층 및 상지층으로 사용한 스핀밸브를 제작하여 구조 및 Mn 확산관점에서 열적안정성을 비교 분석하고자 하였다.

2. 실험 방법

RF 마크네트론 스퍼터링 방법으로 Ta를 하지층과 상지층으로 사용한 Si/SiO₂/Ta 5/CoFe 3/Cu 2.5/CoFe 3/ IrMn 7.5/Ta 5 (nm)인 Ta-based SV와 CoNbZr을 하지층 및 상지층으로 사용한 CNZ-based SV 두 종류의 시편을 초기진공도 3×10^{-7} Torr에서 제작하였다. 증착속도는 1~3 Å/sec으로 하였고 Ar 압력은 2 mTorr로 하여 최적조건에서 증착하였다. 자성층에 유도자기이방성을 형성하기 위하여 증착중에 500 Oe의 자장을 인가하였고 각 시편은 5×10^{-6} Torr에서 열처리하여 두 시편의 자기적 특성을 비교하였다. Four point probe, VSM을 사용하여 자기 및 자기저항 특성을 분석하였고 AFM, XRD, TEM, AES을 사용하여 구조적인 분석을 하였다.

3. 실험결과 및 고찰

CNZ-based SV의 경우 normalized 된 자기저항비와 교환결합력은 200°C 까지는 각각 50% 증가하고 300°C 에서 240분간 열처리 하였을 때에도 그 증가를 유지하여 5.6%의 자기저항비와 450 Oe의 교환결합력을 얻을 수 있었다. 그러나 Ta-based SV의 경우에는 200°C 이상에서는 급격하게 감소하는 열화현상이 현저하게 나타났다. 그림 1은 각 온도에서 30분 동안 열처리 하였을 때의 normalized 된 자기저항비 및 비저항, 그리고 비저항차의 변화를 나타낸 그림이다. Ta-based SV의 경우 열처리 온도가 증가함에 따라 비저항이 크게 증가한다. 이것은 Mn이 고정층인 CoFe과 Cu로의 확산이 CNZ-based SV에 비해 훨씬 크다는 것을 의미한다. 이러한 열적안정성의 차이는 미세구조와 연관이 있다. 먼저 CoNbZr의 계면거칠기(0.163 nm)가 Ta의 계면거칠기(0.432 nm)보다 훨씬 더 평활했다. XRD, TEM으로 관찰해 본

결과 CNZ-based SV의 경우 Ta-based SV에 비해 결정성은 나쁘지만 결정립 크기는 훨씬 작은 것을 관찰하였다. 그리고 미세하고 치밀한 구조를 가지는 CNZ-based SV에 비해 Ta-based SV는 조대한 주상정 구조로 성장하였다. 그래서 평활한 계면과 치밀하고 미세한 구조를 가지는 CNZ-based SV가 Ta-based SV에 비해 상호확산이 적은 구조를 가지게 되어 열적으로 안정한 특성을 나타낼 수 있었다.

그림 2에는 300 °C에서 열처리 시간에 따른 AES를 측정된 결과를 나타낸 그림이다. Ta-based SV는 Mn이 상지층인 Ta층으로의 확산이 거의 일어나지 않고 고정층으로만 확산이 일어난다. 그러나 CNZ-based SV는 고정층으로 확산보다는 상지층인 CoNbZr으로 확산이 더욱 많이 일어난다. 이러한 결과는 상지층인 CoNbZr층이 Mn의 확산에 있어서 고정층인 CoFe층보다 훨씬 높은 chemical potential을 가지고 있기 때문이라고 추정된다. 따라서 Ta-based SV에 비해 CNZ-based SV의 우수한 열적안정성은 미세하고 치밀한 미세구조와 Mn의 상호확산의 차이에 의한 결과로 생각되어진다.

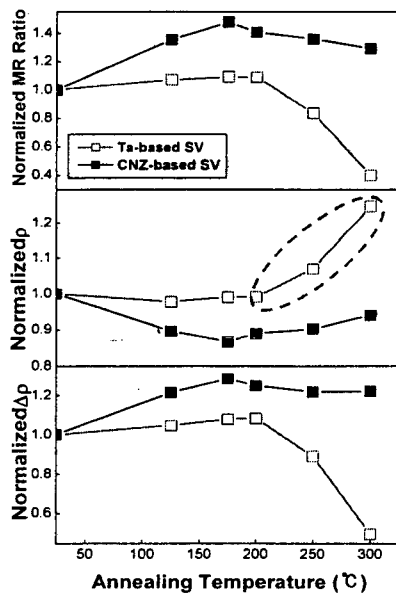


Fig. 1 normalized Mr ratio, ρ , and $\Delta\rho$ Changes at various annealing temperature annealed for 30 min

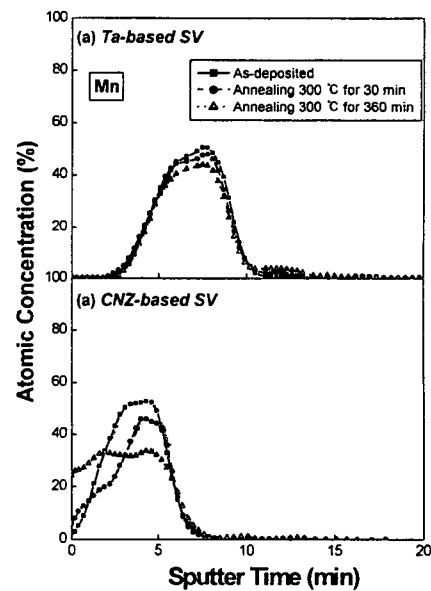


Fig.2 Mn depth profiles of (a) Ta-based SV and (b) CNZ-Based SV as a function of annealing time

4. 참고문헌

1. G. W. Anderson, M. Pakala, and Y. Huai, IEEE Trans. Magn., 36, 2605 (2000).
2. M. Pakala, Y. Huai, G. Anderson, and L. Miloslavsky, J. Appl. Phys., 87, 6653 (2000).
3. K. Yagami, M. Tsunoda, and M. Takahashi, J. Appl. Phys., 89, 6609 (2001).