

Ta and TiAl based Top 스핀밸브의 자기적 특성 및 열적 안정성에 관한 연구 (Thermal stability and magnetic properties of the Ta- and TiAl-based SV)

안황기*, 이성래

고려대학교 공과대학 신소재공학과, 서울특별시 성북구 안암동 5-1, 136-701

1. 서론

고밀도 자기기록 매체의 재생 헤드로 응용되기 위해서는 높은 자기 저항비와 소자 제조 및 작동시 발생되어지는 열에 대해서 안정해야한다. 일반적으로 스핀밸브에서 나타나는 열화현상 중 가장 주된 원인은 반강자성체에 사용된 Mn이 고정층 및 비자성층으로의 확산으로 인해 반강자성체/강자성체 사이의 교환결합력의 감소와 스핀의존산란이 감소되어 자기적 특성이 열화되는 것이다[1,2]. 또한, 하지층과 층 사이의 texture 영향이 스핀밸브의 자기 저항비의 향상에 지대한 영향을 주고 있다[3]. 우리는 이번 연구에서 TiAl을 상지층과 하지층으로 각각 사용한 TiAl-based 스핀밸브와 Ta-based 스핀밸브의 열적 안정성 및 자기적 특성을 비교하였다.

2. 실험방법

스핀밸브를 제작하기 위해서 3" Target DC 마그네트론 스퍼터링 장치를 이용하였으며, Si/SiO₂/Ta (or TiAl 4) 5/NiFe 2/CoFe 3/Cu 2.5/CoFe 3/IrMn 7.5/Ta (or TiAl 4) 2 (nm)의 Top-SV 구조의 시편을 제작하였다. TiAl의 사용은 상지층으로 사용한 경우 하지층은 Ta를 사용하였고 TiAl을 하지층으로 사용한 경우 상지층은 TiAl으로 사용하였다. 스핀밸브 제작 시 초기 진공도는 3×10^{-8} Torr 이하로 하였으며 증착은 2 mTorr의 진공도에서 실시하였고 최적 두께와 파워로 증착하였다. 증착 시 이방화 성장을 위하여 300 Oe의 자장을 인가하였다. 열처리는 초기 진공도 3×10^{-6} Torr 이하에서 실시하였으며, 300 °C에서 누적 열처리를 실시하였다. 자기 저항비 측정은 4-point probe를 사용하였으며, 계면평활도 측정은 Atomic Force Microscope (AFM)을 사용하였으며, 계면에서의 결정성장 변화를 확인하기 위하여 X-ray diffractometry (XRD)을 사용하였다.

3. 실험결과 및 고찰

Fig. 1에 Ta-based SV와 TiAl-based 스핀밸브를 300°C에서 누적 열처리에 따른 자기적 특성의 변화를 나타내었다. Fig. 1을 통해서 TiAl을 하지층으로 사용한 스핀밸브의 경우 열처리 전에 8.67 %의 자기 저항비를 나타내어 Ta-based 스핀밸브와 유사한 결과를 보였으나 TiAl을 상지층으로 사용한 스핀밸브의 경우 열처리 전 9.2 %의 자기 저항비를 나타내어 Ta-based 스핀밸브 보다 6 % 자기 저항비의 향상을 확인 할 수가 있다. 또한, 300 °C, 240분 열처리 후에도 TiAl을 상지층으로 사용한 스핀밸브는 자기저항비가 3.6 % (9.3 → 9.5 %) 증가 하여 열적으로 매우 안정한 특성을 보였다. 반면, TiAl을 하지층으로 사용한 스핀밸브는 열처리 후 31.4 % (8.6 → 5.9 %)의 자기저항비 감소 현상을 확인 할 수 있다. 열처리 시간에 따른 각 atom의 거동을 AES로 분석하여 Fig. 2에 나타내었다. AES를 통한 분석 결과 TiAl을 상지층으로 사용한 스핀밸브의 자기적 특성의 향상은 열처리중 TiAl 표면에 형성되는 산화층으로 산소 친화력이 높은 Mn의 확산이 이루어져 열화현상의 가장 큰 영향을 주는 Mn의 내부 확산을 줄였기 때문이다 [2]. 또한, 스핀밸브 상지층 표면에 형성된 Mn-oxide에 의해서 specular scattering의 효과의 증가 때문에 자기저항비의 향상이 이루어 졌다 (as seen in Fig. 2). 그리고 Fig. 1에서 살펴보면 TiAl을 상지층으로 사용한 스핀밸브가 TiAl을 하지층으로 사용한 스핀밸브

보다 열처리 후에 자기 저항비의 향상이 두드러지게 나타나고 있다. XRD를 통한 분석 결과 TiAl을 하지층으로 사용한 스핀밸브는 TiAl 박막 위에 증착되는 NiFe의 (111) texture 성장을 저해하는 것을 확인하였다. 따라서 TiAl을 하지층으로 사용한 스핀밸브에서는 NiFe의 성장이 원활하지 못하여 스핀밸브의 자기적 특성이 저하됨을 알 수 있다.

4. 결론

TiAl을 상지층으로 사용하여 열처리 후에 자기저항비가 3.6 % 증가하여 스핀밸브의 열적 안정성이 크게 향상되었다. AES 분석을 통해서 Mn의 높은 산소 친화력 때문에 스핀밸브 내부로의 확산이 감소하고 TiAl 산화층으로 확산되는 것을 확인 하였다. 또한, TiAl의 하지층 사용시 NiFe의 (111) texture 성장을 방해하여 TiAl을 상지층으로 사용한 스핀밸브보다 열적 안정성이 감소하는 것을 확인 하였다.

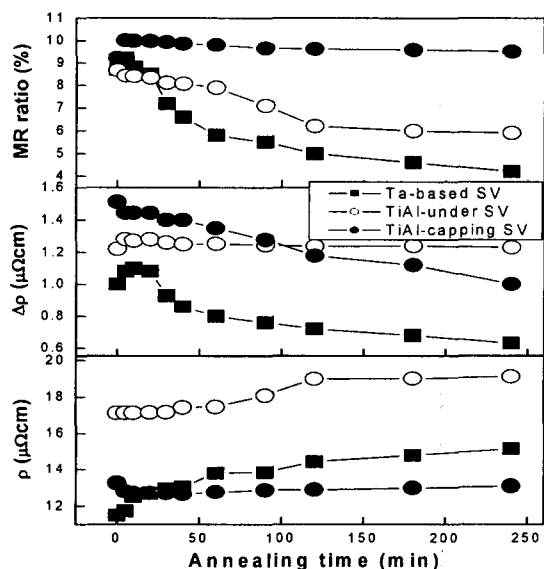


Fig. 1 The magnetic properties changes of Ta- and SV with TiAl underlayered and capped annealed at 300 °C as a function of annealing time.

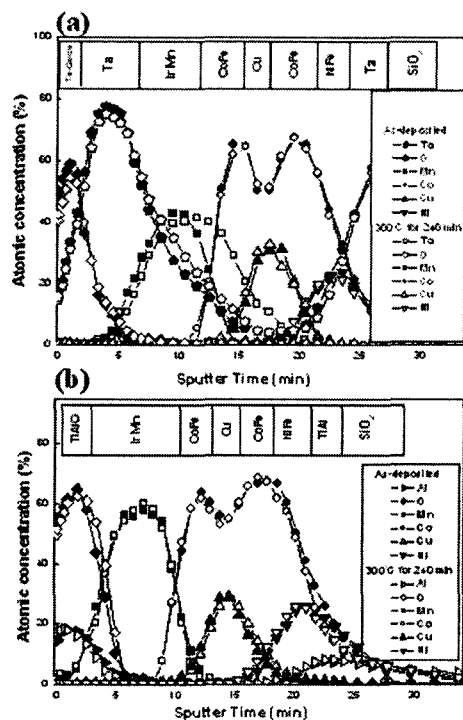


Fig. 2 Auger depth profiles of annealed Ta- (a) and TiAl-based SV (b). Schematic layer structure is also shown in the inset.

5. 참고문헌

- [1] D. C. Parks, P. J. Chen, W. F. Egelhoff, Jr., and Romel D. Gomez, J. Appl. Phys., 87, 3023 (2000).
- [2] J. S. Kim, Y. K. Kim, and S. R. Lee, IEEE Trans. Magn, 39, 2824 (2002).
- [3] K. Hayashi, S. Mori, H. Yamamoto, and J. Fujikata, Jpn. J. Appl. Phys., 36, L1161 (1997).