

새로운 상·하지층 재료를 사용한 합성형 bottom 스피ن 밸브의 열적 안정성에 관한 연구

(Effect of new materials as under and capping layers on thermal stability of synthetic bottom spin valves)

현은경*, 이성래

고려대학교 공과대학 신소재공학부, 서울특별시 성북구 안암동 5-1, 136-713

1. 서 론

고밀도 자기기록 매체의 재생헤드로 응용되기 위해서는 높은 자기저항비와 교환결합력을 가져야 하며, 발생되어지는 열에 대해서 안정해야한다. 그러나 일반적으로 스피ن밸브에서 나타나는 열화현상은 반강자성체에 사용된 원자가 고정층 및 비자성층으로 확산되어 상호 섞임에 의해 반강자성체/강자성체 사이의 교환결합력과 스피인의존산란이 감소되어 자기적 특성이 열화되는 것이다.[1] 이러한 열화현상은 거칠기, 결정성, 결정립 크기와 같은 미세구조에 의존한다.[2] 이를 개선하기 위해 이전 연구에서 CoNbZr, ZrAl 등의 재료를 사용하여 스피ن밸브의 열적 안정성을 구현했다.[3,4] 본 연구에서는 기존에 상·하지층으로 사용되어진 Ta을 대신하여 미세한 구조와 평활한 계면을 가지는 ZrAl과 TiAl을 사용한 합성형 스피ن밸브의 자기저항비 및 열적 안정성에 대해 연구하였다.

2. 실험방법

합성형 스피ن밸브를 제작하기 위해서 7 target Ultra High Vacuum(UHV) 마그네트론 스퍼터링 장치를 이용하였으며, 제작 시 진공도는 3×10^{-8} Torr 이하로 하였다. 박막증착을 위한 Ar pressure는 2×10^{-3} Torr로 하여 최적 두께에서 증착하였다. 시편의 구조는 SiO₂ /Ta 5 (ZrAl 2 or TiAl 4)/NiFe 2/IrMn 7.5/CoFe 1/Ru 0.8/CoFe 2/Cu 2.4/CoFe 3/Ta 2 (ZrAl 2 or TiAl 4) (nm) 이었으며, 10 at.% Zr-Al과 5.3 at.% Ti-Al 합금박막을 사용하였다. 증착되는 막에 easy axis를 주기 위하여 약 300Oe의 자장을 인가하였다. 열처리에는 3×10^{-6} Torr 이하에서 실시하였으며, 150~450℃에서 10분간 실시하였다. 스피ن밸브의 자기저항특성은 4-point probe를 사용하였으며 구조분석은 AFM, TEM, AES 등을 사용하였다.

3. 실험결과 및 고찰

Fig. 1은 Ta, ZrAl, TiAl을 상·하지층으로 사용한 합성형 bottom 스피ن밸브의 열처리 온도에 따른 자기저항비와 ρ , $\Delta\rho$ 의 변화를 보여준다. Ta-based 스피ن밸브의 경우 300℃까지 높은 자기저항비를 유지하나 400℃ 열처리에 의해 자기저항비가 7.43%에서 4.27% (42.5%감소)로 급격히 감소함을 알 수 있다. 반면, ZrAl-, TiAl-based 스피ن밸브의 경우는 300℃ 이상의 온도에서도 자기저항비가 크게 변화하지 않고 유지되고 ρ 나 $\Delta\rho$ 역시 변화폭이 적으며, Ta-based 스피ن밸브보다 열적 안정성이 우수함을 볼 수 있다. 이러한 Ta-based 스피ن밸브의 열화현상은 ρ 값의 증가에서도 볼 수 있듯이 상호확산에 의한 것이라 판단 할 수 있다. Fig.2는 Ta, ZrAl, TiAl 막의 AFM image를 보여준다. Ta은 0.43nm로 거친 계면을 가지지만 ZrAl, TiAl은 각각 0.16nm, 0.11nm로 평활한 계면 거칠기를 갖는 것을 알 수 있다. AES 분석(not shown)을 통해 원자의 확산 정도를 분석하였으며, TEM 분석결과(not shown) ZrAl, TiAl이 결정립 성장을 억제하여 grain size가 Ta보다 작게 나타난 것을 알 수 있었다. 이는 ZrAl과 TiAl 박막의 경우 기존의 Ta보다 구조적으로 안정하여, 평활한 계면을 갖고 미세구조가 치밀하여 계면확산을 억제함으로써 Ta-based 스피ن밸브보다 열적 안정성이 향상되었다고 볼 수 있다.

4. 결 론

기존의 상·하지층으로 사용되던 Ta 대신 ZrAl과 TiAl을 사용하여 열적으로 안정한 합성형 bottom 스피ن밸브를 제작하였다. Ta-based 스피ن밸브의 열화현상은 ρ 의 증가를 통해 계면확산에 의해 발생한 것임을 확인하였으며, ZrAl과 TiAl은 미세구조가 치밀하고, 평활한 계면을 가져 상호확산을 억제함으로써 구조적으로 안정한 스피ن밸브를 형성하여 우수한 열적 안정성을 가지는 것임을 알 수 있었다.

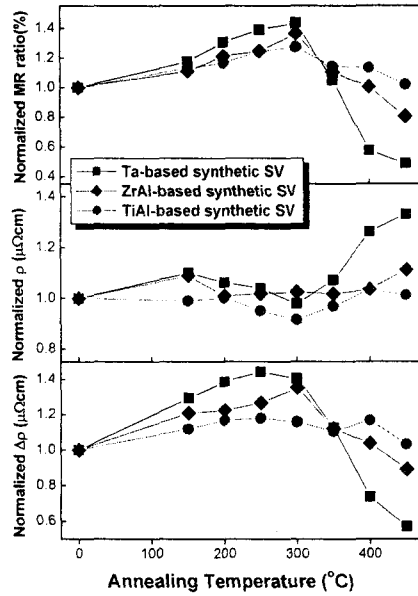


Fig. 1 Variation of normalized MR ratio, ρ and $\Delta\rho$ of Ta-, ZrAl- TiAl-based synthetic bottom spin valves as a function of annealing temperature. Samples were annealed for 10min.

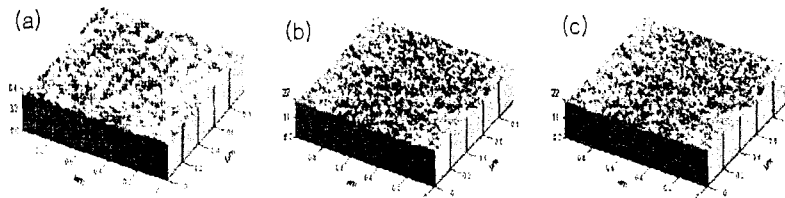


Fig. 2 AFM surface image of (a) Ta 5nm(0.43nm) (b) ZrAl 2nm(0.16nm), (c) TiAl 4nm(0.11nm) single layer films.

5. 참고문헌

- [1] G. W. Anderson, M. Pakala and Y. Huai, IEEE Trans. Magn., 36, 2605 (2000)
- [2] K. Yagami, M. Tsunoda, and M. Takahashi, J. Appl. Phys., 89, 6609 (2001)
- [3] H. G. Cho, Y. K. Kim and S. R. Lee, IEEE Trans. Magn., 38, 2685 (2002)
- [4] J. S. Kim and S. R. Lee, IEEE Trans. Magn., 40, 2206 (2004)