

나노 oxide 층을 가진 스펙큘라 스핀밸브 (Specualr spin valve with nano-oxide layer)

나노소자연구센터 한국과학기술연구원, 김 광 윤*, 김 희 중
Nanodevice Research Center, K. Y. Kim, H. J. Kim

서울대학교 재료공학부, 장성호, 강 탁
School of materials Science and Engineering, SNU, S.H. Jang, T. Kang

100 Gbit/in² 이상의 자기기록밀도를 달성하기 위해서는 재생헤드로 사용되고 있는 스핀밸브의 자기저항비가 10% 이상을 가지면서 열적 특성이 우수해야 한다. 현재까지 연구되어진 스핀밸브 구조 중 NiO[1,2,3], α -Fe₂O₃[4]등의 산화물 반강자성 층을 사용한 스핀밸브의 경우 기본 스핀밸브 구조를 사용하고도 이미 20% 이상의 자기저항비를 달성하였다. 이러한 높은 자기저항비는 절연층인 산화물 반강자성층과 금속 자성층 계면에서 일어나는 전자의 스펙큘라 반사(specular reflection)로부터 기인한다고 보고하고 있다.[2] 그러나 산화물 반강자성층을 사용한 스핀밸브의 경우 매우 낮은 교환바이어스(exchange biasing) 효과와 낮은 블로킹 온도(blocking temperature) 때문에 실용적이지 못하다는 단점을 가지고 있다. 한편, 초기 스핀밸브 구조에서부터 계속 연구되어온 Mn 계열(FeMn, IrMn, PtMn, etc)의 금속 반강자성층을 사용한 스핀밸브의 경우 산화물 반강자성층을 사용하는 스핀밸브보다 자기저항비가 낮은 값을 보이지만, 250 °C 이상의 블로킹 온도와 더 강한 교환바이어스 값을 나타내고 있어서 열적 안정성이 더 우수한 장점을 가지고 있다.

따라서 우수한 열적 안정성과 높은 자기저항비를 달성할 수 있는 스핀밸브 구조에 대한 새로운 기술적 제안들이 진행되었으며, 1999년 도시바 그룹에 의해 더욱 응용적 가치가 있는 나노옥사이드(nano-oxide layer, NOL)를 가진 스펙큘라 스핀밸브 구조가 제시되었다. 여기서 제안된 스핀밸브 구조는 블로킹 온도가 270 °C인 IrMn를 사용하였으며, 그 자기저항비가 기본 스핀밸브보다 2 배 이상의 자기저항비 16% 및 교환바이어스 자계값 400 Oe를 보고하였다[5]. 스펙큘라 스핀밸브 구조는 기판/반강자성층/자성층(고정층1)/NOL1/자성층(고정층2)/Cu/자성층(자유층)/NOL2로 이루어져 있는데, 이때 NOL1과 NOL2는 고정층1과 자유층을 구성하는 CoFe를 산화시켜서 이루어진다. 따라서 NOL1/고정층2 계면 및 자유층/NOL2 계면에서 전자의 스펙큘라 산란이 일어나므로 전반사 전자 묶음(electron bouncing)에 의해 GMR 효과가 증대되어 자기저항비가 증가하게 된다. 이 때, NOL을 가진 스핀밸브의 우수

한 자기저항 특성을 위해서 NOL1은 고정층1과 고정층2 사이의 강한 강자성 상호 교환 결합(ferromagnetic exchange coupling)을 유지시키면서 전자의 스펙큘라 산란에 기여하는 매우 매끄러운 NOL/자성층 계면을 갖는 초극박 개방 구조(ultra smooth and thin open structure)를 가져야 한다[6]. 또한 NOL2는 자유층의 연자성 특성 즉 낮은 보자력을 유지하도록 해야 하므로 자유층의 직접적인 산화보다는 비자성층의 산화가 더 유리하다고 보고되었다[6].

본 발표에서는 지난 3년 동안 본 연구실에서 연구한 내용으로 100Gbit/in²의 기록밀도에 대응하고 향후 CPP 구조로 사용할시 300Gbit/in² 기록밀도에도 응용가능한 재생헤드용 재료인 스펙큘라 스핀밸브의 제조 및 자기적 특성, 열적 특성, 구조적 특성에 관하여 보고하고자 한다.

- [1] W. F. Egelhoff, Jr., T. Ha, R. D. K. Misra, Y. Kadmon, J. Nir, C. J. Powell, M. D. Stiles, R. D. McMichael, C.-L. Lin, J. M. Sivertsen, J. H. Judy, K. Takano, A. E. Berkowitz, T. C. Anthony and J. A. Brug, *J. Appl. Phys.* **78**, 273(1995)
- [2] H. J. M. Swagten, G.J. Strijkers, P. J. H. Bloemen, M. M. H. Wilekens, W. J. M. de Jonge, *Phys. Rev. B* **53** (1996)
- [3] S. Noguchi, R. Nakatani, K. Hoshino and Y. Sugita, *Jpn. J. Appl. Phys.* **33**, 133(1994)
- [4] H. Sakakima, Y. Sugita, M. Satomi, Y. Kawawake, *J. Magn. Magn. Mater* **198-199**, 9(1999)
- [5] Y. Kamiguchi, H. Yuasa, H. Fukuzawa, K. Kouji, H. Iwasaki and M. Sashiki, *Digest of INTERMAG'99*, DB-1(1999)
- [6] J. C. S. Kools, S.B. Sant, K. Rook, W. Xiong, Faiz Danmani, W. Ye, J. Nuez-Regueiro, Y. Kawana, M. Mao, K. Koi, H. Iwasaki, and M. Sashiki, *IEEE Trans. Magn.* **37**, 1783(2001)