

**Q-13**

**Synthetic antiferromagnet(CoFe/Ru/CoFe)구조에 따른 스핀밸브의 유효 교환 바이어스 자장 값 및 자기저항 특성**

서울대학교 재료공학부 장성호 \*, 강탁  
한국과학기술연구원 박막기술연구센터 김민정, 윤승기, 김희중, 김광윤

Effect of thickness difference in synthetic antiferromagnet(CoFe/Ru/CoFe) on the GMR properties and the effective exchange bias field

School of Materials Science and Engineering, Seoul National University, S.H. Jang \*, T. Kang  
Korea Institute of Science and Technology, M.J. Kim, S.K. Yoon, H.J. Kim, K.Y. Kim

1. 서론

거대자기저항 스핀밸브 다층 박막은 고밀도 자기 기록 매체에서 재생용 헤드 및 MR sensor 등에 응용이 되고 있다. 그 기본 구조는 강자성층/비자성층/강자성층/반강자성층 으로 되어 있으며, 한 강자성층은 반강자성층과 교환 결합을 이루어 고정되는 층이 되고, 나머지 한 강자성층은 외부 자장에 쉽게 자화 반전을 이룰 수 있는 자유층이 된다. 최근 20Gbit/in<sup>2</sup> 이상의 고밀도에 대응하기 위하여 기존 스핀 밸브보다 더 얇은 자유층과 센서 사이즈의 감소가 필수적인데, 이를 위해 반강자성층에 의해 고정되는 강자성층을 대신하여 Co/Ru/Co(또는 CoFe/Ru/CoFe)의 인공 초격자 삼층막 구조인 Synthetic Antiferromagnet (SAF) 구조가 제안되었다[1]. 이러한 SAF를 사용한 스핀밸브는, 기존 스핀밸브에서 문제가 되는 고정되는 층의 반자장(demagnetization field)과 얇은 자유층 때문에 나타나는 readback amplitude asymmetry 증가 및 교환 바이어스 약화에 따른 고정 효과 감소 등의 문제를 해결할 수 있다. 또한 기존 스핀밸브에서 열적 안정성 확보가 커다란 문제였는데, SAF를 가진 스핀밸브가 열적 안정성이 매우 우수한 것으로 보고되고 있다[2, 3].

최근 SAF 구조가 스핀밸브 특성에 미치는 영향에 대한 실험적인 고찰들이 많이 발표되었으나 이론적으로 SAF 구조를 변화시켰을 때, 즉 SAF의 두 강자성층의 두께를 변화시켰을 때 나타나는 자기저항 특성에 대한 이론적인 접근이 별로 이루어지지 못한 실정이다. 따라서 본 발표에서는 SAF를 사용한 스핀밸브의 자기에너지[4]를 계산함으로써 유효 교환 바이어스 자장 값 등의 자기저항 특성에 미치는 SAF 구조의 영향을 실험적인 결과와 비교 분석하였다.

2. 실험방법

2인치 크기의 6개의 타겟을 가진 직류 마그네트론 스퍼터링 방식으로 자연 산화막을 가진 Si(100) 기판 위에 Ta/NiFe/CoFe/Cu/CoFe/Ru/CoFe/FeMn/Ta top 방식의 스핀 밸브 박막을 제조하였다. 스퍼터링 장비의 초기 진공도는 6x10<sup>-7</sup> torr 정도로 하였으며, 자성층에 유도자기이방성의 형성 및 FeMn에 의한 일방향이방성을 형성시키기 위하여 영구자석을 이용하여 증착 중에 300 Oe의 자장을 인가하였다. 본 연구에서 설계한 Si/Ta/NiFe/CoFe(Cu)/CoFe(P1 Å)/Ru/CoFe(P2 Å)/FeMn/Ta 스핀 밸브 박막 증착시 스퍼터링 압력은 1 mTorr로 고정하였고, P1+P2 = 45 Å으로 일정하게 하면서 Cu에 인접한 CoFe(P1 층)와 FeMn에 인접한 CoFe(P2 층)의 두께차를 변화시켰다. 제조된 스핀밸브 박막의 자기적 특성은 진동 시편 자력계(Vibrating Sample Magnetometer)를 사용하여 측정하였고, 박막의 자기저항 특성은 직류

4 단자 탐침법으로 상온에서 측정하였으며, 이때 전류와 자장방향은 서로 평행하게 하였다. 그리고 이때 10kOe 범위에서 VSM에 사용되는 전자석을 사용하여 R-H 곡선을 측정하였다. 제조된 스핀밸브 박막의 유효 교환 자기이방성( $H_{\text{ex}}$ )은 R-H 곡선에서 최대 자기저항비의 1/2에 해당하는 성분과 만나는 값으로부터 구하였다.

### 3. 실험 결과 및 고찰

Fig 1.은 CoFe의 P1 층과 P2 층의 두께 차이를 두면서 제조한 스핀밸브 박막의 자기저항비 및  $H_{\text{ex}}$  값의 변화를 보여주고 있다. P1의 두께가 증가하고 P2의 두께가 감소할수록 자기저항비가 증가하는 경향을 보였다. 이것은 P1 층의 비율이 증가할수록 스핀의존산란 효율이 증가한다고 볼 수 있는데 이러한 경향은 문헌[4]에 의해 이론적으로 해석된 결과와 잘 일치하였다. 한편,  $H_{\text{ex}}$  값은 P2 층의 비율이 증가할수록 급격히 증가함을 알 수 있었다. 이러한 경향에 대한 원인을 이론적으로 분석하고자 에너지를 계산하였으며, 이에 대해 그 값을 실험 치와 비교한 결과가 Fig. 2에 나타나 있다. 계산된 결과와 그 경향이 잘 일치함을 알 수 있으며, 또한  $H_{\text{ex}}$ 는 P2가 P1보다 더 두꺼울 때 증가함을 보일 수 있었다. 한편, 실험적으로 P2 층의 두께가 P1 층보다 두꺼울 때는 영 자장 근처에서의 자기저항변화 이외에 다른 높은 인가 자장 영역(400 가우스 이상)에서의 자기저항 변화도 무시할 수 없이 크게 나타남을 알 수 있었다.

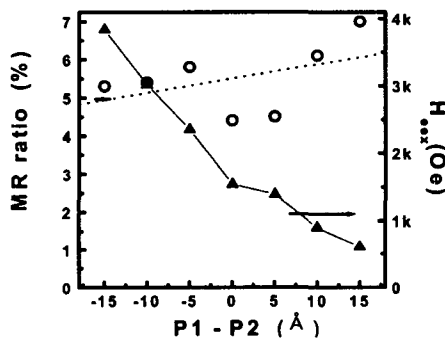


Fig. 1. MR ratio(%) and  $H_{\text{ex}}$  variation by thickness difference between P1 and P2 in top type spin valves : Ta(50Å)/NiFe(17Å)/NiFe(8Å)/Cu(26Å)/CoFe(P1Å)/Ru(7Å)/CoFe(P2Å)/FeMn(100Å)/Ta(50Å)

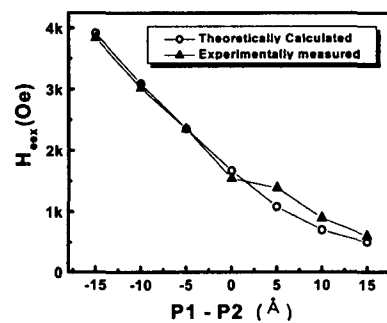


Fig. 2.  $H_{\text{ex}}$  vs. (P1-P2) thickness difference for Ta(50 Å)/NiFe(17 Å)/CoFe(8 Å)/Cu(26 Å)/CoFe(P1 Å)/Ru(7 Å)/CoFe(P2 Å)/FeMn(100 Å)/Ta(50 Å) spin valve structures. open circle : theoretically calculated, solid triangle : experimentally measured.

### 4. 참고문헌

- [1] D.E. Heim and S. S. P. Parkin, U.S. Patent 5 465 185 (1995)
- [2] J.L. Leal and M.H. Kryder, J. Appl. Phys. **83**(7), 3270 (1998)
- [3] Y. Huai J. Zhang, G. W. Anderson, P. Rana, S. Funada, C.-Y. Hung, M. Zhao, and S. Tran, J. Appl. Phys., **85**, 3415(1999)
- [4] B. Dieny, M. Li, S. H. Liao, C. Horng, and K. Ju, J. Appl. Phys. **87**, 3415(2000)