

수직자기스핀밸브 구조에서 Ferromagnetic/Cu/Ferromagnetic 삼층막에 의존하는 자기저항효과 (Magnetoresistance properties as Ferromagnetic/Cu/Ferromagnetic trilayer in perpendicular magnetic spin valve)

Jin-Hee An^{1*}, Mi-Sun Le¹, Ky-Am Lee¹, Ho-Wan Joo², Sun-Wook Kim³, Sang-Suk Lee³, Do-Geun Hwang³
Dankook Univ.¹, Inha Univ.², Sangji Univ.³

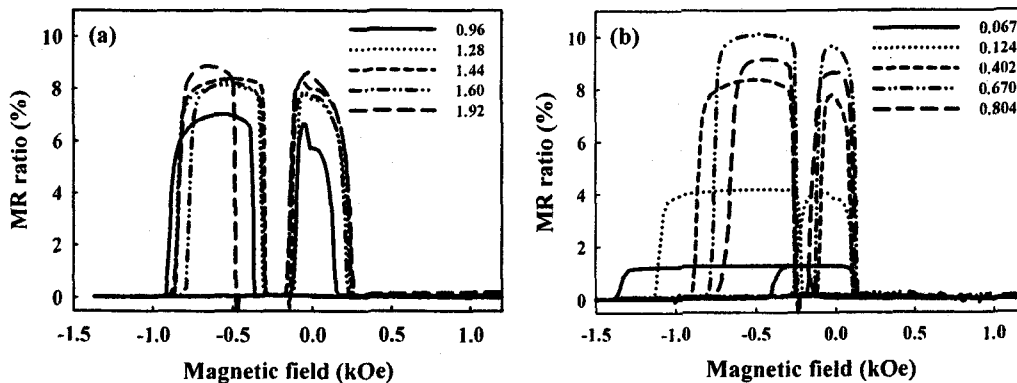
1. 서론

최근에 수직자기이방성을 갖는 [Pd/Co]나 [Pt/Co] 다층박막에 NiO, FeMn 그리고 IrMn과 같은 반강자성체를 인가자장 없이 제작하여 막 평면에 대해 수직인 자기이방성을 갖는 교환바이어스에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 이러한 수직자기 교환바이어스를 갖는 박막은 자기 박막 센서나 초고밀도 자기 기록 매체에 많은 응용성을 가지고 있다. 그 중 수직자기이방성을 이용한 스핀 밸브는 MRAM, read head 또는 자기 센서로 매우 유용할 것으로 전망된다. 수직자기이방성을 이용한 스핀 밸브에 대한 연구로는 F. Garcia 그룹에 의해 보고된 FeMn에 고정된 [Co/Pt]다층박막과 [Co/Pt] 자유다층박막 사이에 Cu를 Nonmagnetic layer로 사용하여 약 1%의 MR 비 얻었으며, 그리고 그들은 수직 스핀밸브 구조에서 매우 얇은 Co의 두께와 비자성층 Cu에 인접한 Co/Cu/Co 층을 제외한 모든 층으로의 큰 shunting 효과로 자기저항비 1% 이상은 어려울 것이라 보고하고 있다.[1,2] 본 연구는 수직자기이방성을 갖는 스핀밸브 구조에서 1% 이상의 자기저항비를 얻은 연구이다. 또한 Cu 층 양쪽에 삽입된 강자성체(Co, CoFe, NiFe)와 강자성체의 두께에 따른 자기저항 효과를 관찰하였다.

2. 실험방법

FeMn을 이용한 [Pd/Co] 다층박막은 3인치 6-gun type DC 마그네트론 스퍼터링 시스템을 사용하여 2.25 mm² 크기의 코닝 1737 글래스 기판 위에 Ta/[Pd/Co]₂/Pd/Ferromagnetic layer/Cu/Ferromagnetic layer/[Pd/Co]₂/FeMn/Ta 구조로 제작하였다. 기판 위에 불순물을 제거하기 위하여 아세톤, 에탄올, 증류수를 사용하여 초음파 세척기로 세척하였다. 각 층의 증착비율은 Ta 1 Å/s, Pd 1.3 Å/s, Co 1.6 Å/s, Cu 4 Å/s, Co₅Fe₅ 0.67 Å/s, NiFe 1.2 Å/s 그리고 FeMn 1.3 Å/s로 증착하였다. 이때 초기진공도는 4.0 × 10⁻⁷Torr 이하를 유지하였으며, 작업 진공도는 Ar 유입량을 MFC(Mass Flow Controller)로 제어하여 1.5 mTorr에서 유지하여 증착하였다. 그리고 시편의 형태를 유지하기 위하여 제작된 마스크를 사용하여 일정 형태를 유지하였다. 이렇게 제작된 시편의 수직자기이방성에 의한 교환바이어스와 자기저항비를 측정하기 위하여 4-탐침법 자기저항 측정 장비를 이용하여 Hall effect 측정과 자기저항비를 측정하였다. 또한 결정성장을 확인하기 위하여 XRD를 측정하였다.

3. 실험결과 및 고찰



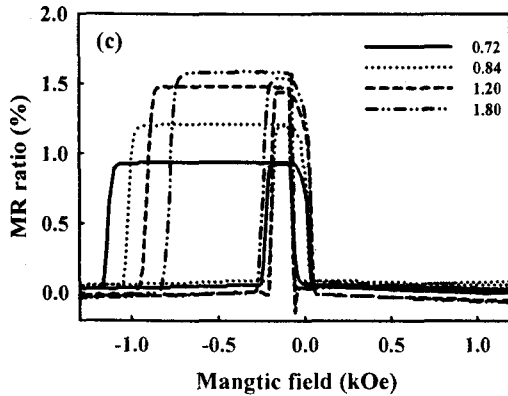


Fig. 1 (a) Magnetoresistance ratio(%) as a thickness of Co, CoFe and NiFe in Ta(1.9 nm)/[Pd(0.8 nm)/Co(0.48 nm)]₂/Pd(0.8 nm)/Co(0.80 nm)/Cu(3.6 nm)/Co(t nm)/[Pd(0.8 nm)/Co(0.48 nm)]₂/FeMn(15 nm)/Ta(1.9 nm), (b) Ta(1.9 nm)/[Pd(0.8 nm)/Co(0.32 nm)]₂/Pd(0.8 nm)/CoFe(0.54 nm)/Cu(3.6 nm)/CoFe(t nm)/[Pd(0.8 nm)/Co(0.48 nm)]₂/FeMn(15 nm)/Ta(1.9 nm) and (c) Ta(1.9 nm)/[Pd(0.8 nm)/Co(0.32 nm)]₂/Pd(0.8 nm)/NiFe(0.48 nm)/Cu(3.6 nm)/NiFe(t nm)/[Pd(0.8 nm)/Co(0.48 nm)]₂/FeMn(15 nm)/Ta(1.9 nm)

그림 1은 Cu 양쪽에 삽입된 강자성체 (a) Co, (b) Co₅Fe₅, 그리고 (c) NiFe 두께에 따른 MR 비 곡선을 나타낸 것이다. 그림 1(a)는 고정층과 비자성층 Cu 사이에 삽입된 강자성층 Co의 두께에 따른 MR비를 나타낸 것이다. Co를 삽입하였을 두께 1.92 nm에서 MR비가 8.89 %로 가장 높게 나왔으며 이때 pinned layer의 exchange bias(H_{ex})은 490 Oe, coercivity(H_c)는 340 Oe였다. 그림 1(b)는 Co 대신 CoFe를 두께별로 삽입하여 MR비를 나타낸 것이다. CoFe를 삽입하였을 경우 두께 0.67 nm에서 MR비가 10.13 %로 Co를 삽입하였을 때보다 높은 MR비를 나타냈고, 이때 pinned layer의 H_{ex} 은 443 Oe, H_c 는 323 Oe였다. 그림 1(c)는 NiFe를 삽입하여 수직스핀밸브의 MR비를 나타낸 것이다. 이 경우 MR 비는 1.8 nm에서 1.6 %를 얻었다. 또한 H_{ex} 는 514 Oe로 크게 나왔지만 H_c 는 274 Oe로 작게 나왔다.

4. 결론

Ta/[Pd/Co]₂/Pd/Ferromagnetic/Cu/Ferromagnetic/[Pd/Co]₂/FeMn/Ta 수직스핀밸브 구조를 DC 마그네토론 스퍼터링 시스템을 이용 제작하여 Cu에 인접한 강자성체의 두께에 따른 자기저항 특성을 조사하였다. [Pd/Co]_xN₁/Cu/Co/[Pd/Co]_xN₂/FeMn 스핀밸브 구조에서 Cu에 인접한 Co 대신 CoFe를 삽입하였을 때 약 10%의 자기저항비를 얻었다. 그리고 실험 결과로부터 Co와 CoFe의 자기저항 곡선은 나비모양을 나타낸 반면 NiFe의 경우는 자기저항비가 낮은 대신에 나비모양의 곡선이 발생하지 않았다. 또한 H_{ex} 는 NiFe가 더 좋은 결과를 나타냈었다.

본 연구는 학술진흥재단(KOSEF No. R01-2005-000-11188)의 지원으로 이루어졌다.

5. 참고문헌

- [1] F. Garcia, et al, J. Appl. Phys. **93**, 8397 (2003)
- [2] S. M. Zhou, L. Sun, P. C. Searson, and C. L. Chien, Phys. Rev., B **69**, 024408(2004)