

IrMn/Co 스핀밸브막의 자기적 및 열적 성질

창원대학교 이찬규, 정정규*

Natl. Inst. of Standards & Technol. R. D. McMichael, V. S. Gornakov, P. J. Chen, W. F. Egelhoff

Magnetic and temperature properties of IrMn/Co spin-valve films

Changwon National University C. G. Lee, J. G. Jung*

Natl. Inst. of Standards & Technol. R. D. McMichael, V. S. Gornakov, P. J. Chen, W. F. Egelhoff

1. 서론

IrMn계 스핀밸브막의 실용화 연구를 위해 지금까지 스핀밸브막의 고감도화, 교환결합력 향상화, 내식성문제 및 열적안정성 향상 등에 관해 많은 연구가 행해져 왔다. 실제로 자기기록헤드나 MRAM(Magnetic Random Access Memory)소자용 재료의 응용시에, Magnetization control나 Switching field control을 위해서는 이방성자계현상이 중요하고, Recording speed나 Switching speed의 향상을 위해서는 스핀동역학(Spin dynamics) 및 댐핑(Damping)현상 등의 이해가 필수적이다. 따라서 본 연구에서는 IrMn계 스핀밸브막을 제조하여 강자성공명(Ferromagnetic Resonance: FMR)장비를 이용해서 H_{ra} (Rotatable anisotropy), H_{ex} (Exchange biased field)값등을 결정하고 damping 기구를 고찰코자 했다. 또한 MOIF(Magneto Optical Indicator Film)방법을 이용하여 스핀밸브막에서의 자화과정시의 자구구조의 변화를 관찰했으며, 열적안정성을 평가코자 열처리에 따른 MR비의 변화를 조사했다.

2. 실험방법

본 시료는 자기저항비가 최적인 두께를 갖는 스핀밸브막이 되도록 직류 마그네트론 스퍼터 장비를 사용해서 제조하였다. 초기 진공도는 약 10^{-8} Torr 이고 스퍼터링시의 Ar압력은 2 mTorr 이었다. 스핀밸브막의 구조는 top형식으로 Si/Ta(50)/Co(30)/Cu(25)/Co(30)/IrMn(100)/Ta(50)의 다층막이며, Si/Ta(50)/Co(40,70,100)/IrMn(100)/Ta(50)의 3종류의 2층박막 및 Si/Ta(50)/NiFe(30)/Cu(25)/NiFe(30)/IrMn(100)/Ta(50)의 스핀밸브막도 특성비교를 위해 제조했다. FMR 실험은 시료를 In-plane으로 할 경우에는 9.86 GHz에서, Out-of-plane인 경우에는 9.76 GHz에서 각각 스펙트럼을 얻어 H_{res} (Resonance field) 및 ΔH (Linewidth)의 각도의존성으로부터 H_{ex} 및 H_{ra} 를 구했다. MOIF 에 의한 자구관찰을 위해 Bismuth-doped yttrium iron garnet을 indicator로 사용했으며 시료의 자기구조의 magneto-optical 이미지를 편광현미경을 통한 반사빛에 의해서 관찰했다. 스핀밸브막 및 2층막의 자기적특성은 진동시료자력계(VSM)를 사용해서 측정했고 소둔에 따른 MR비 측정은 직류 4단자 탐침법에 의해 각각의 소둔온도에서, 그리고 냉각후의 상온에서 행하는 2가지 방법을 택했다.

3. 실험결과 및 고찰

Fig.1은 Co(30)/IrMn(100) 및 NiFe(30)/IrMn(100)계 스핀밸브막의 MR비의 온도의존성을 나타낸 것이다. MR비는 각 온도에서(in situ), 그리고 냉각후 상온(cool down)에서 측정하는 2가지 방법을 택했다. As deposit 상태에서 Co/IrMn 스핀밸브막계의 MR비는 약 9.6 % 의 높은값을 나타냈으며 in situ 측정시 2종류의 스핀밸브막 모두 250 ~ 270 °C에서 MR특성을 잃어버리게 됨을 알 수 있다. 그러나 각 온도에서 annealing 한 후 냉각하여 상온에서 측정한 경우의 MR비는 약 300 °C까지는 변하지 않다가 그 이상의 온도에서는 박막계면에서의 원자들의 상호확산에 의해 급격히 저하함을 알 수 있다. Fig.2는 Co/IrMn계 스핀밸브막에서의 시료면의 각도에 따른 강자성공명자계의 변화를 나타내는 9.76GHz에서의 out-of-plane 의 실험결과이다. 자화의 자유에너지 모델에 의해 구한 H_{ex} 는 약 186 Oe 로 이는 히스테리시스 곡선으로부터 구한 값과 거의 일치했으며 H_{ra} 는 약 24 Oe 이었다.

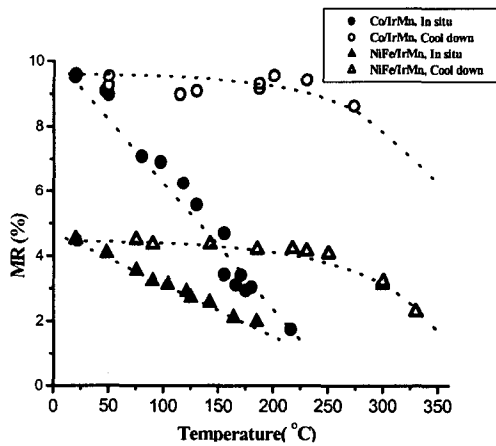


Fig.1 Temperature dependence of MR ratio for Si/Ta(50)/Co(30)/Cu(25)/Co(30)/IrMn(100)/Ta(50) and Si(SiO₂)/Ta(50)/NiFe(30)/Cu(25)/NiFe(30)/IrMn(100)/Ta(50) film. "cool down" means room temperature MR ratio after 30min anneals at successively higher temperatures.

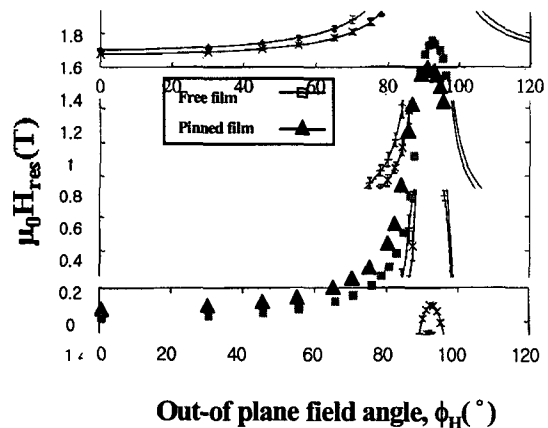


Fig. 2. Ferromagnetic resonance field for Si/Ta(50)/Co(30)/Cu(25)/Co(30)/IrMn(100)/Ta(50) film. The solid lines are fits to the H_{res} data.

본 결과로부터 IrMn biased films 은 NiO biased films보다 H_{ra} 및 H_c (보자력)이 작은값을 나타낸다는 사실로부터 반강자성 IrMn이 NiO보다 더 안정하다는 것을 알 수 있다. 또한, M-H 곡선과 자구구조를 보여주는 MOIF image를 함께 나타내서 관찰해 본 결과 remagnetization 과정에서 Co자유층(Co free layer)에 약 10 ~ 40 정도의 작은 자구가 생성되었음이 ripple 구조를 통해 알 수 있었다.