

## Co/IrMn계 이층막 및 스핀밸브막의 자기적 및 열적 특성에 관한 연구

창원대학교 정정규\*, 이병선, 이찬규  
한국기계연구원 이진환

## Magnetic and thermal properties of Co/IrMn based bilayer and spin valve

Changwon National University J. G. Jung\*, B. S. Lee, C. H. Lee  
Korea Institute of Machinery & Materials G. H. Lee

## 1. 서론

IrMn계 스핀밸브막은 강한  $H_{ex}$ (Exchange biased field), 높은  $T_N$ (Néel temperature)와  $T_b$ (Blocking temperature)를 가지므로 거대자기저항(Giant magnetoresistance)소자로서 큰 관심을 받고 있다. 지금까지 이러한 IrMn계 스핀밸브막의 실용화를 위해 스핀밸브막의 고감도화,  $H_{ex}$  향상화, 내식성문제 및 열적안정성 향상 등에 관해 많은 연구가 행해져 왔다. 하지만 열적 안정성에 관한 대부분의 연구는 각 온도에서  $H_{ex}$ 나 자기저항비를 측정하여  $T_b$ 를 결정하거나,  $T_b$ 까지의 온도범위에서 열적, 자기적 특성의 연구에 편중되어 왔다. 따라서, 본 연구에서는 IrMn계 스핀밸브막을 제조하여 각 온도( $T_{ANN}$ )와 annealing 후 상온( $T_{RT}$ )에서 자기저항비를 측정하는 두가지 방법으로  $T_b$  이후에서의 열적, 자기적 특성변화까지 살펴보았다. 또한 강자성층을 달리하는 이층막을 제조하여 같은 온도 범위에서 스핀밸브막의 특성변화와 비교하였다.

## 2. 실험방법

D.C magnetron sputter법을 사용하여 자기저항비가 최적인 두께를 갖는 스핀밸브막을 제조하였다. 초기 진공도는 약  $7 \times 10^{-8}$  Torr이고, sputter시 Ar 압력은 1.5~3.0 mTorr이었다. 스핀밸브막의 구조는 Top형식으로  $SiO_2/Ta(50 \text{ \AA})/Co(30 \text{ \AA})/Cu(25 \text{ \AA})/Co(30 \text{ \AA})/IrMn(100 \text{ \AA})/Ta(50 \text{ \AA})$ 의 다층막이며, 스핀밸브막과의 특성비교를 위해서  $SiO_2/Ta(50 \text{ \AA})/Co(40,70,100 \text{ \AA})/IrMn(100 \text{ \AA})/Ta(50 \text{ \AA})$ 구조를 가지는 3종류의 이층막을 제조하였다. 이층막과 스핀밸브막의 자기적 특성은 VSM(Vibrating Sample Magnetometer)로 분석하였으며, 스핀밸브막에서 보다 정확한 자화값을 측정하기 위하여 SQUID (Superconducting Quantum Interference Device)를 사용하였다. 자기저항측정은 직류 4단자 탐침법에 의해 각각의 어닐링 온도에서, 그리고 냉각 후 상온에서 행하는 2가지 방법을 택하였다. 미세구조는  $CuK\alpha_1$ 를 사용하는 XRD(X-ray Diffractometer)로, 표면거칠기는 AFM(Atomic Force Microscope)로 측정하였다. 또한 MOIF(Magneto Optical Indicator Film)방법을 이용하여 스핀밸브막의 자화과정시 자구구조의 변화를 관찰하였다.

## 3. 실험결과 및 고찰

Fig. 1은  $\text{SiO}_2/\text{Ta}(50\text{\AA})/\text{Co}(t\text{\AA})/\text{IrMn}(100\text{\AA})/\text{Ta}(50\text{\AA})$  구조의 이층막에서 고정층인 Co 두께에 따른 교환결합력( $H_{\text{ex}}$ ), 보자력( $H_c$ ), 포화자화값( $M_s$ )의 변화를 나타내었다. 강자성층의 두께가 증가할수록  $H_{\text{ex}}$ 와  $H_c$ 는 감소하고  $M_s$ 는 증가하였는데, 이는 A. P. Malozemoff의 이론과 일치하였다[1]. 또, 이층막에서 어닐링 온도가 증가함에 따라 표면거칠기와 강자성층의 보자력이 증가했으며, 이는 표면/계면의 거칠기가 증가하면서 쌍극자 상호결합도 증가하여 보자력이 증가한 것으로 생각된다.

Fig. 2는  $\text{SiO}_2/\text{Ta}(50\text{\AA})/\text{Co}(30\text{\AA})/\text{Cu}(25\text{\AA})/\text{Co}(30\text{\AA})/\text{IrMn}(100\text{\AA})/\text{Ta}(50\text{\AA})$  구조의 스핀밸브막에서 자기저항비의 온도의존성을 보여준다. 자기저항비는 각 온도( $T_{\text{ANN}}$ )에서, 그리고 냉각 후 상온( $T_{\text{RT}}$ )에서 측정하는 2가지 방법을 택했다. 자기저항비는 As-deposit 상태에서 9.6%의 높은 값을 가졌으며, 각 온도에서 측정할 경우( $T_{\text{ANN}}$ )는 직선적으로 감소하고 IrMn계 스핀밸브의  $T_b$ 로 알려진 220~250°C 사이에서 그 특성을 잃어버렸다. 어닐링 후 냉각하여 상온에서 측정할 경우( $T_{\text{RT}}$ )에는 약 300°C까지 변화가 없었으나 그 이후에는 박막 계면에서의 원자들의 상호확산에 의하여 급격히 저하함을 알 수 있었다. 또, MOIF 방법으로 스핀밸브막의 remagnetization 과정을 관찰한 결과 Co 자유층에 약 10~40 $\mu\text{m}$  정도의 ripple형태의 작은 자구가 생성되었음이 확인되었다.

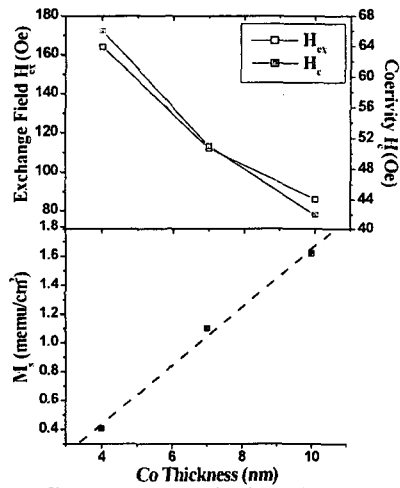


Fig 1. Dependencies of exchange field, coercivity and saturation magnetization on the Co layer thickness of  $\text{SiO}_2/\text{Ta}(5\text{ nm})/\text{Co}(t\text{ nm})/\text{IrMn}(10\text{ nm})/\text{Ta}(5\text{ nm})$ .

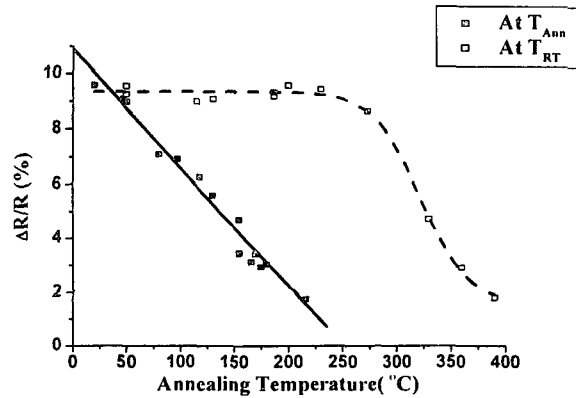


Fig 2. Temperature Dependence of MR ratio for  $\text{SiO}_2/\text{Ta}(5\text{ nm})/\text{Co}(3\text{ nm})/\text{Cu}(2.5\text{ nm})/\text{Co}(3\text{ nm})/\text{IrMn}(10\text{ nm})/\text{Ta}(5\text{ nm})$  film. The solid symbols indicate temperature MR ratio after 30 min anneals at successively higher temperatures.

#### 4. 결론

As-deposit 상태에서 스핀밸브는 9.6%의 높은 자기저항비와 184 Oe의  $H_{\text{ex}}$  값을 가졌다. 각 온도에서 자기저항비를 측정할 결과 직선적으로 감소했으며 IrMn계 스핀밸브의  $T_b$ 로 알려진 220~250°C 사이에서 그 특성이 사라짐을 확인했다. 냉각 후 상온( $T_{\text{RT}}$ )에서 측정할 경우 300°C 이후 급격히 감소하여 390°C 정도에서 그 특성이 사라짐을 알 수 있었다. 또한, 이층막에서  $H_{\text{ex}}$ 는 강자성층의 포화자화값과 두께에 반비례함을 확인하였다.

#### 5. 참고문헌

[1] A. P. Malozemoff. Phys. Rev. B35, 3679 (1987)