

## 반강자성체 CrMnPt를 사용한 스핀밸브의 증착분압에 따른 자기적 거동 (Magnetic properties of antiferromagnetic CrMnPt based spin valve on various Ar deposition pressures)

Korea University G. B. Park\*, Y. K. Kim and S. R. Lee

### 1. 서론

Recording head에 사용되는 스핀밸브형 GMR sensor는 인접한 강자성체를 고정시켜주는 반강자성체의 특성이 중요하다.[1] 반강자성체에 요구되는 특성은 큰 교환결합력( $H_{ex}$ )과  $H_{ex}$ 이 사라지는 온도인 blocking temperature( $T_B$ )가 높아야 하며,  $H_{ex}$ 이 나타나는 열처리 온도가 낮아야 한다. 또한, 두께가 얇고, 좋은 부식저항을 가져야 한다. 특히, 반강자성체층은 스핀밸브 구조에서 가장 두꺼운 층이므로 저항값이 커야지만 전류의 웨어현상을 방지하여 높은 자기적 특성을 얻을 수 있다. 지금까지 연구되어진 반강자성체 재료중에서 CrMnPt는 열처리를 통해 반강자성체로서의 특성을 가지는  $L1_0$  구조의 NiMn[2]이나 PtMn[3]보다 상대적으로 낮은 열처리온도(180~230°C)와 300°C이상의 높은  $T_B$ (320~380°C)를 가지며 300 Oe 이상의  $H_{ex}$  값을 나타내는 재료이다.[4] 본 연구에서는 Recording head 재료로 적용가능한 반강자성체 CrMnPt의 Ar 증착분압을 변화시켜, 미세구조 변화에 따른 스핀밸브의 자기적 거동을 연구하였다.

### 2. 실험방법

4 타겟을 가진 dc 마그네트론 스퍼터 장치를 사용하여 Si 기판위에  $SiO_2/Ta_5/CoFe_3/Cu_{2.7}/CoFe_3/CrMnPt_{35}/Ta_5$  (nm) 구조로 시편을 제작하였다. 증착 전 진공도는  $3 \times 10^{-7}$  Torr 이하로 유지하였고, 2~20 mTorr 범위의 Ar 증착분압에서 반강자성체 CrMnPt 층을 제작하였고, 이외의 층은 동일한 Ar 분압을 유지하였다. CoFe의 unidirectional anisotropy를 인가하기 위하여 시편제작 시, 300 Oe의 자장을 인가하였다. 200°C, 3 hr 동안  $1 \times 10^{-5}$  Torr 진공하에서 열처리를 하였으며, 열처리 중 1 kOe의 자장을 가했다. 제작된 시편의 자기적 성질은 VSM(Vibrating Sample Magnetometer) 및 4-point probe를 이용하였으며, 미세구조 및 표면구조 분석을 위해 XRD, TEM(Transmission Electron Microscope)과 AFM(Atomic Force Microscope)을 사용하였다. CrMnPt의 조성분석은 ICP (Inductively coupled Ar plasma atomic emission spectrometry analysis)를 통해 이뤄졌다.

### 3. 실험결과 및 고찰

Fig. 1은 Ar 증착분압에 따른 반강자성체 CrMnPt층의 열처리 전·후 자기저항비를 보여준다. 증착분압이 증가할 수 록, 자기저항비도 증가하는 경향을 나타낸다. 자기저항비는 결정방향성, 계면평활도와 사잇층의 두께 그리고 각 층의 비저항 등에 영향을 받는다.

Table 1.은  $SiO_2/Ta_5/CoFe_3/Cu_{2.7}/CoFe_3/CrMnPt_{35}$  시편의 Ar 증착분압에 따른 RMS roughness를 보여주고 있다. 증착분압이 증가 할 수 록, 자기저항비에 영향을 주는 계면평활도는 상대적으로 나빠지는데 이를 통해, 반강자성체 CrMnPt를 사용한 스핀밸브에서 자기저항비에 영향을 주는 인자는 계면평활도보다는 CrMnPt층 자체의 특성임을 알 수 있다.

Fig. 2는 Ar 증착분압에 따른 CrMnPt층의 TEM 이미지이다. Fig. 2를 보면, 증착 분압이 증가 시, CrMnPt의 미세구조 변화를 알 수 있다. 분압이 증가할 수 록, grain size가 작아지면서 random한 결정방향성이 특정 방향의 texture로 성장하며, porous한 영역을 이루게 된다. 이에 따라, 전자의 mean free path 감소로 인한, CrMnPt층의 비저항이 증가하여 전류의 shunting effect를 감소시켜 자기저항비 증가의 원인으로 사료된다.

### 4. 결론

본 연구에서는 반강자성체 CrMnPt를 사용한 스핀밸브에서 CrMnPt의 Ar 증착분압에 따른 자기적 거동을 미세구조적 관점에서 분석하였다. 이번 실험을 통하여, 반강자성체의 증착분압이 증가할 수 록, 자기저항비 증가 원인이 CrMnPt의 grain size, 결정방향성 성장 등의 변화로 인해 비저항이 증가하여 전류의 shunting effect 감소임을 알 수 있었다.

## 5. 참고문헌

- [1] B. Dieny, V. S. Speriosu, S. S. Parkin, B. A. Gurney, D. R. Wilhoit and D. Mauri, Phys. Rev. B **43**, 1297 (1991)
- [2] T. Lin, D. Mauri, N. Straud, C. Huang, J. K. Howard, and G. L. Gorman, Appl. Phys. Lett., **65**, 1183 (1994)
- [3] Teras Pokhill, Eric Linville, and Sining Mao., J. Appl. Phys., **89**, 6588 (2001)
- [4] Y. Hamakawa, M. Komuro, K. Watanabe, IEEE Trans. MAG., **35**, 677 (1999)

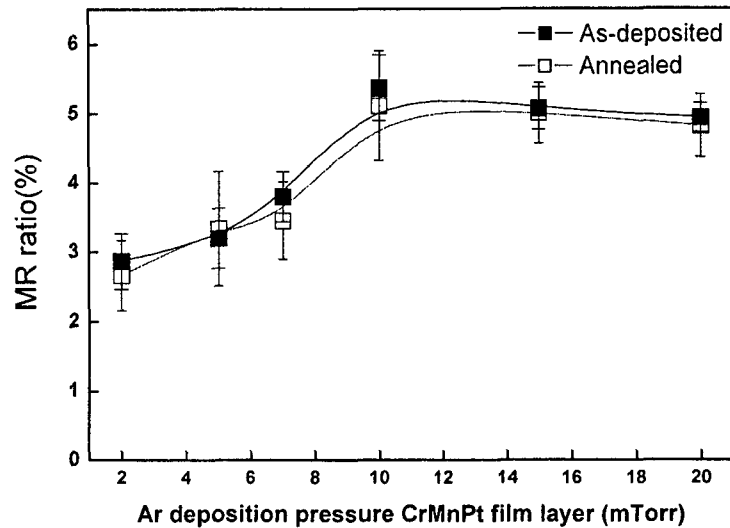


Fig. 1 Magnetoresistance ratio changes as a function of various Ar deposition pressure for CrMnPt-based spin valves.

Ar pressure	2 mTorr	5 mTorr	7 mTorr	10 mTorr	15 mTorr
RMS	5.34	5.72	7.49	13.7	15.7

Table 1. RMS roughness of CrMnPt layer at various Ar deposition pressures

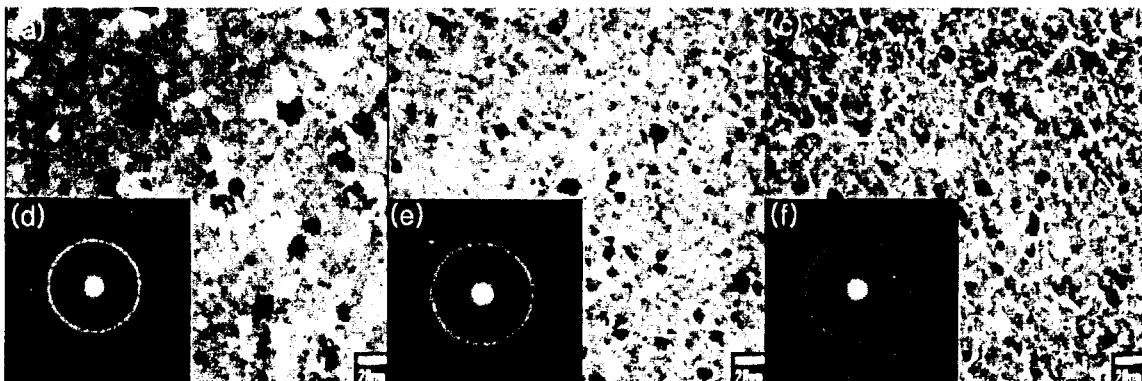


Fig. 2 In-plane TEM images of annealed CrMnPt layer on various Ar deposition pressures (a) 5 mTorr, (b) 10 mTorr and (c) 15 mTorr. Insets are SAD pattern images of the CrMnPt films.