

## 이차 열처리가 PtMn계 스핀밸브의 거대자기저항 특성에 미치는 영향

한국과학기술연구원

김민정\*, 김희중, 김광윤

## The Second Annealing Effect on GMR Properties of PtMn-Based Spin Valve

KIST

M. J. KIM\*, H. J. KIM and K. Y. KIM

## 1. 서론

기록밀도의 고밀도화가 진행됨에 따라서 재생전용헤드로 사용되는 스핀밸브의 구조도 이와 같은 추세에 대응하여 센서의 크기가 작아지며, 각 층의 두께가 점점 얇아지고, 열적 특성이 우수한 구조로 변화하고 있다. 초기의 FeMn 계 스핀밸브 구조에서, 내식성 및 높은 교환 이방성을 갖는 IrMn 계 스핀밸브 구조를 거쳐, 최근에는 높은 교환 이방성 및 블로킹 온도(Blocking Temperature,  $T_b$ )를 가지며 내식성도 우수한 PtMn 계 스핀밸브 구조가 고밀도 자기기록 헤드재료로 많이 연구되고 있다[1, 2]. 이와 같은 PtMn 계 스핀밸브 구조는 thermal asperity 및 ESD(Electro Static Discharge)의 특성도 우수한 것으로 보고되고 있다[2]. 기존의 FeMn, IrMn 계 스핀밸브 구조는 시료를 제조 후 자장중 열처리를 하지 않고서도 일방향 교환 이방성을 갖는 반면에 PtMn 계 스핀밸브 구조는 시료 성장 후 고온에서 자장중 열처리를 하여 PtMn 의 구조를 disordered fcc 구조에서 ordered 된 fct 구조로 변태가 수반되어야 일방향 교환 이방성을 가질 수 있다고 한다[3, 4, 5]. 이와 같은 특수성으로 인하여 PtMn 계 스핀밸브의 블로킹 온도의 분포 및 장기적 열적 안정성, 그리고 구조 천이에 따른 TEM 분석 등도 보고되고 있다[5]. 하지만 대부분의 연구는 열적 안정성 및 구조 천이에 초점이 맞추어져 있고 블로킹 온도 주변에서 열처리시 자기적, 전도 특성의 변화에 관하여 체계적인 조사가 되어 있지 않다.

따라서 본 실험에서는 문헌에서 제시하는 블로킹 온도를 제시하는 방법을 따르지 않고, 단지 무자장 열처리만을 하여 자기적 특성 및 전도 특성을 조사하였고, PtMn계 스핀밸브의 블로킹 온도와의 상관 관계를 설명하고자 하였다.

## 2. 실험방법

본 연구에 사용된 스핀밸브 다층박막의 구조는 500 Å 두께의  $Al_2O_3$ 층이 증착된 4인치 Si 웨이퍼에 Ta (50 Å)/NiFe (40 Å)/CoFe (17 Å)/Cu (28 Å)/CoFe (30 Å)/PtMn (200 Å)/Ta (50 Å)을 dc magnetron sputtering에 의해 자유층(free layer)방향과 고정층(pinned layer)의 방향이 평행하도록 적층시킨 구조이다.

PtMn의 경우 as-deposited 상태에서는 disorder 구조이며 반강자성을 나타내지 않으므로 PtMn 스핀밸브를 적층시킨 후 250 °C 이상에서 열처리(post-deposition annealing)를 하면 order 구조로 천이가 일어나며 반강자성을 나타내게 된다[3, 4, 5]. 본 시료는 270 °C에서 3 kOe의 외부 자장을 걸어주면서 post-deposition annealing을 해주었다. 이차 열처리는 자장을 걸지 않고 진공도  $5 \times 10^{-6}$  Torr 이하에서 하였다. 열처리는 150~400 °C의 온도 범위에서 25 °C 간격으로, 30분간 일정하게 하였고 열처리 후 공기 중에서 급랭하였다.

각 온도에서 열처리에 따른 열적 자기적 특성을 조사하기 위해 상온에서 직류 4단자 탐침법으로 자기저항 곡선(R-H 곡선)을, 진동 시편 자력계를 이용하여 M-H 곡선을 측정하였다.

### 3. 실험결과 및 고찰

Fig 1.은 Si/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (500 Å)/Ta (50 Å)/NiFe (40 Å)/CoFe (17 Å)/Cu (28 Å)/CoFe (30 Å)/PtMn (200 Å)/Ta (50 Å) top 스핀밸브 시료에서 이차 열처리 온도 증가에 따른 자기저항비의 변화를 조사한 결과이다. 자기저항비는 325 °C 이하에서는 완만히 감소하였으며, 325 °C 이상에서는 급격히 감소하였는데, 이것은 열처리 온도가 높아짐에 따라 반강자성층과 피고정층 사이의 교환 결합이 약해졌기 때문인 것으로 판단된다. Fig 2.에서는 열처리 온도가 높아짐에 따라 교환 바이어스 자장은 감소하였는데 특히 325 °C 이상에서는 크게 감소하고 있으며, 이것은 Fig 1.에서 자기저항비가 급격히 변하는 온도와 동일하였다. 또한 Fig 3.에서 열처리 온도가 높아질수록 interlayer coupling field는 서서히 증가하였고 이것은 마찬가지로 325 °C 이상에서 크게 증가하고 있는 데, 열처리 온도가 상승함에 따라 Mn과 같은 원자가 주로 입계를 통해 inter-diffusion되어 계면에서의 roughness가 증가하기 때문인 것으로 사료된다.

### 4. 결론

열처리 온도에 따른 자기저항비, 교환 바이어스, interlayer coupling field 의 변화를 조사한 결과 325 °C를 전후하여 각 특성이 급격히 변화함을 관찰하였다. PtMn 계 스핀밸브 구조에서의 열적 특성을 조사한 논문에 의하면 블로킹 온도(교환 바이어스가 영이 되는 온도)를 310 °C 임을 제시하고 있고, 이 온도는 본 실험에서 제시한 325 °C와 비슷한 온도를 보이고 있다. 그러므로 PtMn 스핀밸브 구조에서는 단지 열처리 온도 변화에 의해서도 블로킹 온도를 추정할 수 있음을 알 수 있다.

### 5. 참고문헌

- [1] J. P. Noieres, S. Jaren, Y. B. Zhang, A. Zeltser, K. Pentek, and V. S. Speriosu, *J. Appl. Phys.*, **87**, 3920 (2000)
- [2] G. W. Anderson, Yiming Huai, and Mahendra Pakala, *J. Appl. Phys.*, **87**, 5726 (2000)
- [3] Masamichi Saito, Naoya Hasegawa, Fumihito Koike, Hiroshi Seki, and Toshihiro Kuriyama, *J. Appl. Phys.*, **85**, 4928 (1999)
- [4] Masafumi Takiguchi, Satore Ishii, Eiji Makino, and Akihiko Okabe, *J. Appl. Phys.*, **87**, 2469 (2000)
- [5] Akihiro Maesaka, Satoru Ishii and Akihiko Okabe, *J. Appl. Phys.*, **88**, 3982 (2000)

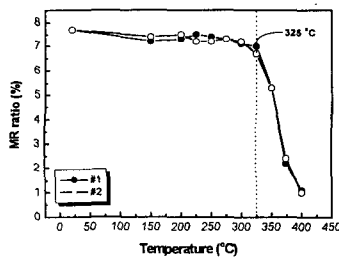


Fig. 1. The annealing temperature dependence of the MR ratio in PtMn based spin valves. (#1(-●-) and #2(-○-) are the two samples annealed at same temperature. )

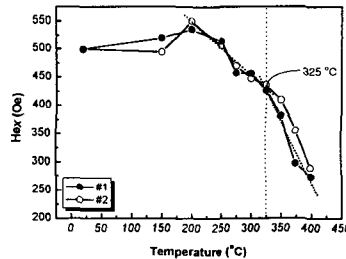


Fig 2. The annealing temperature dependence of H<sub>ex</sub> (the exchange-biased field) in PtMn based spin valves.

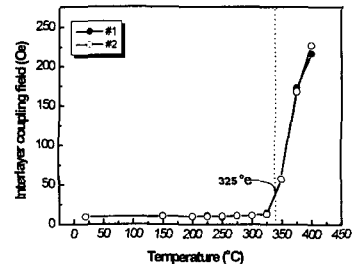


Fig 3. The annealing temperature dependence of the interlayer coupling field in PtMn based spin valves.