

## BIAS POINT CONTROL IN SYNTHETIC ANTIFERROMAGNET-BASED SPIN-VALVES

Korea University

J.-S. Park\*, S.-R. Lee, Y. K. Kim

### 1. 서 론

스핀밸브 구조는 현재 고기록밀도 자기저장 분야에서 그 응용범위가 넓다. 이런 고기록밀도를 달성하기 위해서는 자기저항곡선의 비대칭성 문제가 중요하다. 그러므로 비대칭성 문제를 해결하여 센서의 민감도를 높이기 위해서는 고정층에서 나오는 정자기장을 제어하는 것이 필요하다. 이런 문제를 해결하기 위해 IBM에서 최초로 합성형 스핀밸브 구조가 도입하였다 [1]. 이런 합성형 스핀밸브는 기존의 스핀밸브에 비해 열적으로나 또는 자기적으로 매우 안정한 장점을 가지고 있다. 그러나 이 구조 또한 두 고정층간의 두께차이에 의한 누설자장으로 인해 서브마이크로미터 셀 사이즈에서는 스위칭의 비대칭성을 보이고 있다 [2]. 따라서 본 연구에서는 합성형 스핀밸브의 bias point를 제어하기 위한 구조를 창안하였다. 이를 위해 덧붙여진 CoFe (P3)/Ru bilayer를 고려하였고 셀 사이즈를 변화시킴에 따라 bias point 변화를 계산하였다.

### 2. 이론적 계산

Bias point를 제어하기 위해 고안된 구조 (MSSV) 는 NiFe (3.2)/CoFe (1.6)/Cu (2.8)/CoFe (P3, 1.5)/Ru (0.7)/CoFe (P2, 3.0)/Ru (0.7)/CoFe (P1, 1.5)/IrMn (9.0) (in nm) 이다. 또한 기존의 합성형 스핀밸브 구조 (SSV) 는 위의 구조에 CoFe (P3, 1.5)/Ru (0.7) bilayer를 제외한 구조로 나머지 박막층의 구조는 MSSV 와 동일하다. 모든 자성박막층의 자화거동은 Landau-Lifschitz-Gilbert 방정식을 사용하여 계산하였고 모든 자성박막층은 단자구라고 가정하였다. Aspect ratio 는 1로 고정하였고 셀 사이즈를  $10\mu\text{m}$ 에서  $0.05\mu\text{m}$ 로 변화시키면서 자기저항곡선의 변화를 계산하였다. 고정층과 자유층간의 층간결합 및 증착시 고정층의 canting 현상은 무시하였다. P1 층과 P2 층, 그리고 P2 층과 P1 층간의 반평행한 교환결합에너지 ( $J_1$ )를  $-1.5 \text{ erg/cm}^2$ , 또한 P1 층과 반강자성층 (IrMn) 간의 교환결합에너지 ( $J_{eb}$ )를  $0.13 \text{ erg/cm}^2$ 으로 정의하였다. 더 자세한 이론적 계산 방법은 이전 연구에 나와 있다 [3].

### 3. 실험결과 및 고찰

MSSV와 SSV 간의 bias point 변화를 조사하기 위해 두 sample 의 자기저항 곡선을 셀 사이즈를 변화시키면서 계산하였다. Fig. 1 의 경우는  $1 \times 1 \text{ cm}$  셀 사이즈의 MSSV 의 normalized MR 곡선을 나타낸다. 여기서 main-peak과 sub-peak이 관찰할 수 있고 이는 SSV 에서도 관찰되어졌다. 또한 주요 지점마다 각 자성박막의 자화방향을 화살표로 표시하였는데 이 화살표의 방향 또한 SSV 와 유사한 것을 알 수 있었다. 이러한 사실로부터 MSSV의 자기저항 거동이 SSV 와 유사할 것이라고 예상할 수 있다.

Fig. 2 는 cell size 가 변함에 따라 SSV 와 MSSV 간의 bias point (b.p.) 및 effective exchange field ( $H_{ex,eff}$ ) 의 변화를 보여준다. 열린 삼각형과 닫힌 삼각형은 각각 SSV 와 MSSV 의 b.p.을 열린 사각형과 닫힌 사각형은 각각 SSV 와 MSSV 의  $H_{ex,eff}$  나타낸다. 우선 b.p. 관점에서 보면 cell size 가 감소함에 따라 SSV의 b.p. 은 지수함수적으로 증가한 반면 MSSV 의 경우는 거의 변화가 없었다. 이는 덧붙여진 P3 층이 P1 층과 P2 층의 net moment를 잘 보상한다는 것을 의미하고 이 층의 두께 변화를 통해 b.p. 제어가 가능하다는 것을 의미한다. 또한  $H_{ex,eff}$  관점에서 MSSV의  $H_{ex,eff}$  절대값이 SSV의 절대값보다 전체 cell size 범위에서 큰 것을 알 수 있다. 이를 통해 높은  $H_{ex,eff}$  값을 가지는 MSSV가 SSV 에 비해 더 열적으로 안정할 것이라고 예상할 수 있다.

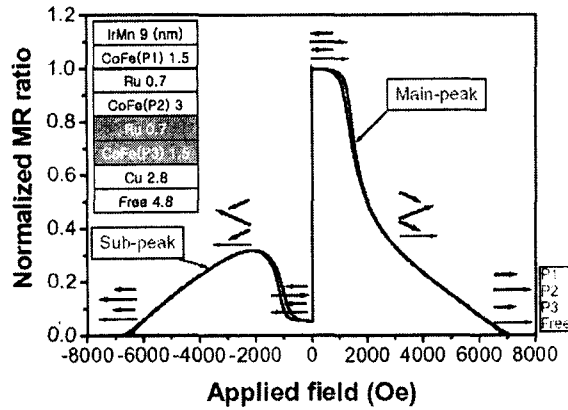


Fig. 1. Calculated normalized MR transfer curve of modified synthetic antiferromagnet-based spin-valve (MSSV). The arrows indicate the magnetization direction of each layer at some important points. The inset shows the structure of MSSV.

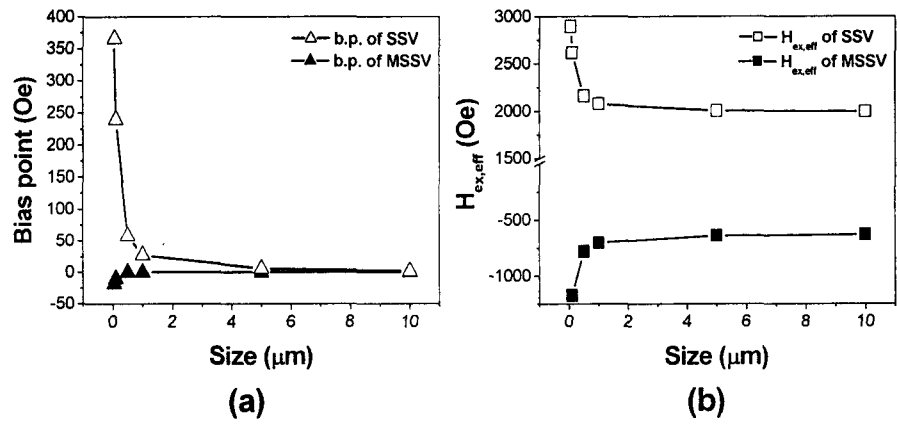


Fig. 2. (a) Bias point (BP) and (b) effective exchange field,  $H_{ex,eff}$ , variations as a function of device size. Open triangles and closed ones indicate BP of SSV and MSSV, respectively. Open squares and closed ones correspond to  $H_{ex,eff}$  of SSV and MSSV, respectively.

#### 4. 결론

SSV의 b.p.를 제어하기 위해 CoFe (P3)/ $\gamma$  bilayer를 삽입한 구조를 고려하였다. 이 구조의 장점으로서는 b.p.의 제어 뿐만 아니라 SSV와 비교해 매우 높은  $H_{ex,eff}$  값을 들 수 있다. 따라서 고기록밀도 센서에 적합한 구조 중의 하나로서 앞으로 이용가능성이 넓다 하겠다.

#### 5. 참고문헌

[1] C. Tsang, M. Pinarbasi, H. Santini, E. Marinero, P. Arnett, R. Olson, R. Hsiao, M. Williams, R. Payne, R. Wang, J. Moore, B. Gurney, T. Lin, and R. Fontana, IEEE Trans. Magn. 35, 689 (1999).  
 [2] Y. R. Uhm and S. H. Lim, J. Magn. Magn. Mater. 239, 123 (2002).  
 [3] J.-S. Park, S.-R. Lee, Y. K. Kim, and S. H. Lim, J. Magn. Magn. Mater. 250, 25 (2002).