

FeMn을 기저로한 스핀 밸브 박막의 평면 홀 효과와 자화기구

고려대학교 이재형*, 박병기, 이금원
Quantum 사. 최 건

Magnetization Vectors and Planar Hall effect of a FeMn based Spin Valve

Korea University J. H. Lee*, B. K. Park, K. Rhie
Quantum Inc. G., Choe

1. 서론

1991년에 Dieney^{[1][2]}등에 의해 Ni₈₀Fe₂₀/Cu/Ni₈₀Fe₂₀/Fe₅₀Mn₅₀ 구조에서 spin valve 자기저항이 표면화되면서, 고감도 판독용 자기저항 센서나 RAM(Random Access Memory) 소자로 부각되었다. 본 실험에서는 FeMn층을 고정층으로 한 spin valve sandwich 박막시료^{[3][4]}에 흘려준 전류와 자기장 사이의 각도에 따른 MR 효과와 Planar Hall 효과를 측정하여 spin valve 시료의 자화벡터 방향의 해석을 시도하였다.

2. 실험 방법

본 실험에서 사용한 시료는 Ta(50Å)/NiFe(60Å)/Co(10Å)/Cu(20Å)/Co(10Å)/NiFe(23Å)/FeMn(100Å)/Ta(50Å) spin valve sandwich 박막이다. MR과 Planar Hall 효과의 측정은 자체 제작한 측정장치를 이용하였다. 자기장의 세기를 조절하기 위해, HP6575A DC Power Supply로 전류의 세기를 조절해 전자석의 자기장을 조종하여 ±1000Oe 까지 자기장을 가했다. MR과 Planar Hall (평면 홀 효과)의 각도에 대한 효과를 보기 위해, step motor위에 시료를 올려놓고 각도를 돌려가며 측정하였으며 모든 장치는 computer interface로 통제하였다. Hall 효과에 대한 이론적 표현식은 다음과 같다.

$$V_H = R_0 \frac{I}{d} B \cos \alpha + R_s \frac{I}{M} \cos \theta + \frac{kH}{d} M^2 \sin^2 \theta \sin 2\xi_M$$

위 식은 Lorentz 힘 (첫째 항), 수직자화에 의한 비정상 홀 효과 (둘째 항), 그리고 AMR (Anisotropic Magnetoresistance)의 전류에 대한 수직 방향의 텐서 성분 (셋째 항), 즉 "Planar Hall effect" 혹은 "Pseudo-Hall effect"^{[5][6]}로 나눌 수 있다. α 와 θ 는 \vec{B} 와 \vec{M} 벡터가 시료의 수직 축과 이루는 각도이며 셋째 항의 ξ_M 은 전류와 면내 자화벡터가 이루는 각도로 Fig. 1의 정의와 같다. 실제 실험에서 외부에서 인가되는 자기장이 전류와 이루는 각도는 ξ_H 이다.

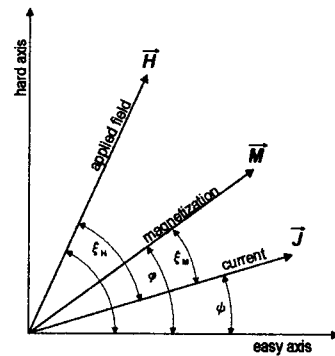


Fig. 1 Definition of angles for in-plane magnetization.

3. 실험결과 및 고찰

MR 효과는 이웃한 자성층의 자화 배열이 평행 또는 반평행에 따른 저항 차이이다. 본 실험에서는 전류와 자화용이축의 방향에 따른 MR과 Planar Hall의 변화에 대해 상호 비교하여 각도에 따르는 자성체

층의 자화 배향을 정성적으로 연구하였다. Fig. 2의 (a)와 (b)는 전류방향에 대해 자화용이축이 평행, 수직하게 시료를 예칭 하여 인가 자기장의 방향 ξ_H 를 변화시키며 측정된 MR 이다. Fig. 3의 (a)와 (b)는 같은 조건에서 측정된 평면 홀 효과의 의 곡선 모양 변화이다. 가장 큰 MR의 변화를 갖는 ξ_H 에 대해 가장 작은 평면 홀 효과가 측정되었는데 이는 $\sin 2\xi_M$ 의존성 때문이다.

Fig. 4의 (a)와 (b)는 전류 방향이 자화용이축과 평행 및 수직하고 인가 자기장이 자화용이축으로 걸렸을 때 MR과 평면 홀 효과를 비교한 것이다. 자화용이축이 전류 방향 (즉 시편의 길이방향)인 경우 (Fig. 4(a)) 형상 이방성에 의해 고정층과 자유층이 길이 방향으로 정렬이 용이하게 되어 자화의 반전이 완벽히 이루어지는 것을 알 수 있다. 그러나 자화용이축이 폭 방향으로 정렬된 경우 (Fig. 4(b)), 비록 같은 시편일지라도, 고정층의 이력모양이 H 값이 +까지 뺀어 나갔음을 알 수 있고, 이에 따라 평면 홀 효과가 H 값이 음(-)인 지역의 값과 차이가 나는 것을 알 수 있다. 그리고 이러한 형상이방성의 효과에 따른 고정층의 변화는 실제 MR값에도 영향을 미쳐 작은 MR값을 보였다.

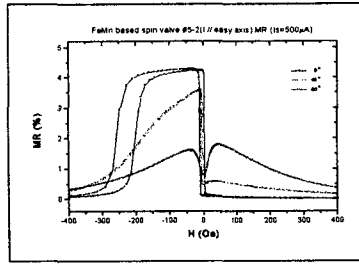


Fig. 2(a)

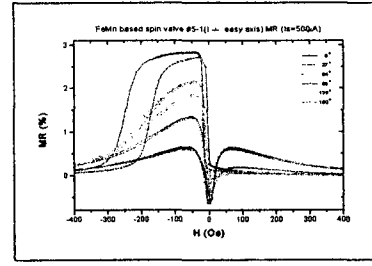


Fig. 2(b)

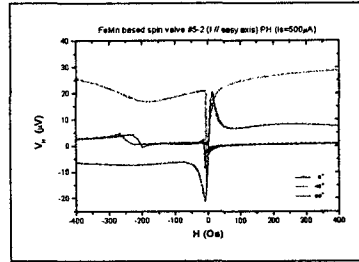


Fig. 3(a)

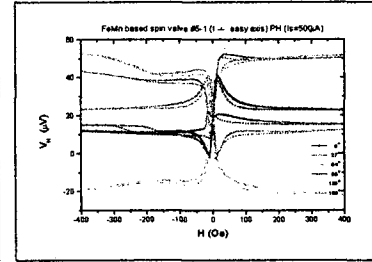


Fig. 3(b)

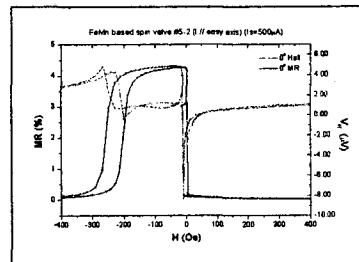


Fig. 4(a)

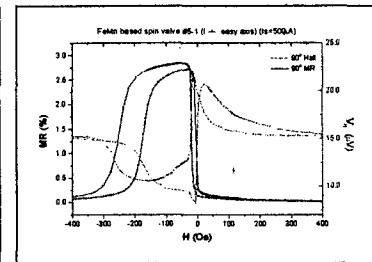


Fig. 4(b)

5. 참고문헌

- [1] B. Dieny, V. S. Sperious, S. Metin, S. S. P. Parkin, B. A. Gurney, P. Baumgart, and D. R. Wilhoit, *Appl. Phys.*, 69, pp.4774 (1991)
- [2] B. Dieny, V. S. Sperious, S. S. P. Parkin, B. A. Gurney, D. R. Wilhoit and D. Mauri, *Phys. Rev* 43, pp.1297 (1991)
- [3] T. C. Anthony, J. A. Brug and S. Zhang, *IEEE Trans. Mag.* 30, pp.3819 (1994)
- [4] H. Hoshiya, M. Komuri, K. Misuoka and Y. Sugita, *Appl. Phys. Soc. Jpn.* 18, pp.355 (1994)
- [5] C. golberg and R. E. Davis, *Phys. Rev*, 94, pp.1121 (1954)
- [6] D. G. Sinson, A. C. Palumbo, B. Brant and M. Berger, *J. Appl. Phys.* 61, pp.3816-3818 (1987)