

Synthetic 스핀밸브에서 구조 및 열처리 조건에 따른 Pinning 방향의 변화

고려대학교 조호건*, 나현민, 김영근, 이성래

Effects of Layer Structure and Annealing Conditions on Pinning Direction Variation of Synthetic Spin Valves

Korea University Ho Gun Cho*, Hyun Min Nah, Young Keun Kim, Seong-Rae Lee

1. 서론

초고밀도 자기기록장치에서 사용되는 스핀밸브 재생헤드는 submicrometer scale로 제조되어야 하며 이때 발생하는 고정층의 탈자장 증가에 따른 pinning 방향의 회전과 고정층이 자유층에 미치는 magnetostatic field가 증가하여 민감도(dMR/dH)감소를 야기한다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 Synthetic 스핀밸브가 제안되었다. Synthetic 스핀밸브의 SAF층(CoFe/Ru/CoFe)에 외부 자기장이 가해지게 되면 Zeeman 에너지 감소를 최대화하기 위해서 외부자장 방향에 대해서 수직으로 돌아가려 하는 spin flop 현상이 일어나며 동시에 외부자장 의해 spin flop 되어진 SAF층의 자화가 torque을 받게되어 외부자장이 증가할수록 두 SAF 자화층이 외부자장 방향으로 치우치게 된다[1~3]. 이러한 두가지 현상이 상호경쟁적으로 일어나서 두 힘이 평행이 되는, 즉 에너지가 최소화되는 곳에서 pinning 방향이 결정되어진다. 그래서 SAF의 자성층의 두께와 외부자장의 크기에 따라 pinning 방향이 다르게 나타난다. 따라서 본 실험에서는 Top Synthetic 스핀밸브를 증착하여 SAF 두께 및 열처리 온도, 외부자장에 따른 SAF층의 자화거동을 비교 분석하였다.

2. 실험방법

Si/Al₂O₃/5 Ta/3.2 NiFe/2.7 CoFe/2.8 Cu/(t_{p2}) CoFe/1 Ru/(t_{p1}) CoFe/11 IrMn/5 Ta (nm)구조에서 t_{p1}을 2 nm로 고정시키고 t_{p2}을 2, 2.5, 3 nm로 변화시킨 Top Synthetic 스핀밸브를 dc magnetron sputtering으로 준비하였다. 증착 중 자성층에 유도자기이방성을 주기 위하여 150 Oe을 인가하여 증착하였다. 각 시편은 200 °C 와 250 °C에서 무자장 및 2 kOe의 자장을 증착자장방향과 평행, 그리고 반평행하게 하여 6 × 10⁻⁶ Torr에서 열처리 하였다. VSM, Four point probe을 이용하여 자기적 특성을 측정하였고 Pinning 방향이 자장에 수직이 되는 각도를 측정하기 위하여 각 시편을 증착자장방향에 대하여 회전하여 자기저항비를 측정하였다.

3. 실험결과 및 고찰

그림 1은 $\Delta t \geq 0$ 일 때의 자기저항곡선이다. Δt 가 증가할수록 자기저항비는 증가하였고 교환결합력은 감소하였다. 그리고 그림 1에 원으로 표시된 영역을 보면 자기저항곡선에 꼬리가 남아있다는 것을 알 수 있다. 이것은 증착 후에 CoFe(t_{p1})의 자화방향(P1)이 증착자장축에 대해서 정확하게 평행하지 않는다는 것을 나타낸다. 그래서 Δt 에 따라 인가자장을 증착자장방향에 대해서 각도를 주어 측정한 결과 대칭적인 자기저항곡선이 90 ° 에서 나타나는 것이 아니라 Δt 에 증가함에 따라서 90 ° 로 가는 것을 알 수 있었다. 이것은 증착 중 강한 반평행한 결합에 의해 자화값이 적은 CoFe(t_{p1})이 돌아갈 때 증착자장방향

에 평행한 $\text{CoFe}(t_{p2})$ 의 자화방향에 영향이 미치기 때문이다. Δt 가 클수록 $\text{CoFe}(t_{p2})$ 의 자화방향이 증착 자장방향에 안정함으로 그 영향이 적다. 그래서 SAF층의 자화거동을 상세히 알기 위하여 200 °C와 250 °C에서 2 kOe의 자장을 증착자장방향에 평행 그리고 반평행하게 인가한 상태에서 열처리를 하였다. Δt 와 온도에 대하여 Pinning 방향의 변화를 그림 2에 종합해 보았다. ϕ 는 $\text{CoFe}(t_{p1})$ 의 자화방향과 증착자장방향과의 각도를 나타낸 것이다. 그림 2(a)에 나타나듯이 열처리 자장 방향을 증착자장 방향과 평행하게 하였을 때 200 °C에서는 변화가 적지만 250 °C에서는 Δt 가 0 nm 로 감에 따라 급격히 변하는 것을 알 수 있다. 이것은 T_b 보다 높은 온도에서 자장 열처리 할 때 열처리 자장에 의한 torque와 spin flop에 의해 가장 안정한 에너지 상태를 가지기 위하여 자화방향이 변화하기 때문이다. Δt 가 0 nm, 즉 net 자화값이 0 일때는 torque의 영향보다는 Zeeman 에너지를 감소시키기 위하여 90 ° 근처로 spin flop이 일어나고 Δt 가 커질수록 spin flop 뿐만 아니라 열처리 자장에 의한 torque가 커져 net 자화값이 열처리 자장방향과 같은 경우(a)는 치우침이 적어지고 반대인 (b)와 같은 경우에는 더욱 더 커지게 된다. 무자장 열처리인 경우(c)는 외부자장이 없기 때문에 spin flop 현상과 torque가 발생하지 않고 단지 각 온도에서 에너지가 최소가 되는 곳으로 pinning 방향이 돌아갈 것이다.

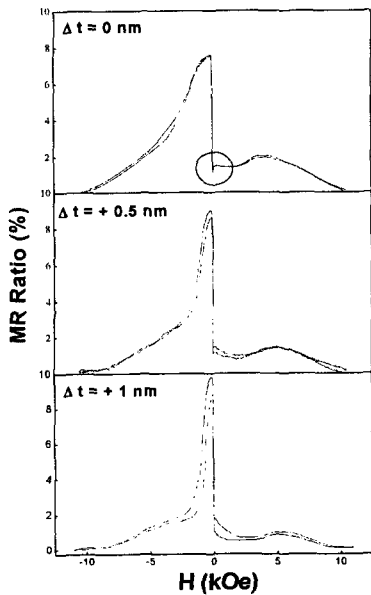


Fig. 1 MR curves with various Δt ($\Delta t = 0, +0.5, +1 \text{ nm}$)

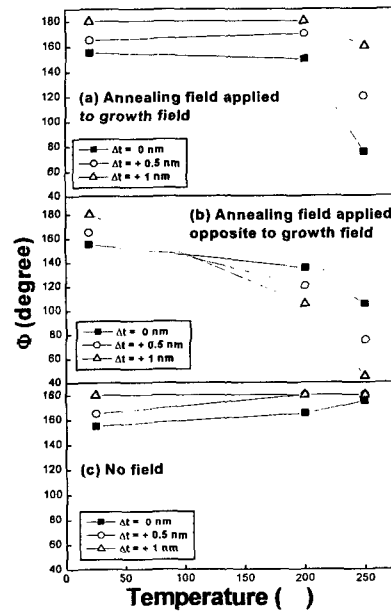


Fig. 2. Pinning direction (P_1) variation of as-deposited and annealed samples as function of Δt .

4. 참고문헌

- [1]. Jian-Gang Zhu, IEEE Trans. Magn., 35, 655 (1999).1.
- [2]. C. H. Marrows, F. E. Stainly, and B. J. Hickey, Appl. Phys. Lett., 75, 3847 (1999).
- [3]. C. H. Marrows, F. E. Stanley, and B. J. Hickey, J. Appl. Phys., 87, 5058 (2000)