

Q-5**산소 표면 활성화제 사용에 의한 IrMn층 스핀밸브 박막의 자기저항 특성**

숙명여대 황재연, 전경인, 김미양*, 이장로
 상지대 이상석, 황도근, 청주대 이수형

IrMn-Based Spin Valves by using oxygen surfactant

Sookmyung Women's Univ. J.Y.Hwang, K.I.Jun, M.Y.Kim* and J.R.Rhe
 Sangji Univ. S.S.Lee and D.G.Hwang, Chungju Univ. S.H.Lee

I. 서론

Giant magnetoresistance spin valve(GMR/SV)에서 높은 자기저항($\Delta R/R$)을 얻기 위하여 매끄러운 경계면에서 O₂ 표면 활성화제 사용에 의한 specular 전자산란의 중요성이 최근 부각되고 있다 [1-2]. 특히 높은 $\Delta R/R$ 을 얻기 위한 SV에서 계면 활성화제로서 O₂ [3]을 사용한 경우 미소산화층(NOL; nano-oxide layer)에 의해서 유리한 효과 즉 더 높은 $\Delta R/R$, 보다 작은 층간 결합자기장 H_{int} (interlayer coupling field; 자유층과 피속박층사이의)을 얻을 수 있다는 것이 보고되었다.

본 연구에서는 속박층으로 Ir₂₅Mn₇₅와 피속박층으로 Co₇₅Fe₂₅를 사용하고 하지층으로 Ta(30Å)/NiFe(20Å)을 사용하여 피속박층 CoFe의 한 면을 O₂에 노출시켜 SiO₂가 coating된 Si(111)기판에 dc 스퍼터링 방법으로 Ta(30Å)/NiFe(20Å)/IrMn(70Å)/CoFe(*t*Å)/ * /CoFe(30-*t*Å)/Cu(20Å)/CoFe(30Å)/Ta(35Å)의 SV를 제작하고 후열처리 후 MR비와 교환결합자기장 (H_{ex})의 피속박층 CoFe층의 O₂ 노출 표면의 위치 (IrMn표면에서 거리 *t*)와 사용한 O₂분압 의존성 등에 관한 자기저항 특성을 조사하고자 한다.

II. 실험방법

스핀밸브박막은 6개의 다중타겟 dc 스퍼터링 장치를 사용하여 초기진공도 2.2×10^{-8} Torr 이하에서 Ar 부분압력이 2 mTorr, 증착율은 0.5~1.0 Å/s로 하여 연속적으로 1 μ m SiO₂가 coating된 Si(111) 기판에 스퍼터링한 Si/SiO₂/Ta(30Å)/NiFe(20Å)/IrMn(70Å)/CoFe(*t*Å)/ * /CoFe(30-*t*Å)/Cu(20Å)/CoFe(30Å)/Ta(35Å) 구조이다. 피속박층 CoFe의 한 면에 산소 노출을 위하여 CoFe(*t*Å)두께가 IrMn에 증착한 후 3분 동안 O₂ 흐름에 노출시키고 다음에 CoFe를 증착하였다. 이때 Load-Lock chamber 내에 Ar 8 sccm에 O₂ 0.4~2.8 sccm을 혼합하여 결과적 작업분압은 2 mTorr을 유지하였다. 여기에서 속박층 IrMn은 30% Ir, 피속박층 CoFe은 10% Fe, 자유층 NiFe은 20% Ni 합금타겟을 사용하였다. 스퍼터링시 기판 평면과 나란한 방향으로 균일한 자기장 100 Oe를 걸어주었고, 스퍼터링후 속박층 IrMn과 피속박층 CoFe 사이에 H_{ex} 을 유도하기 위하여 진공도 8×10^{-7} Torr에서 일방향이방성 자기장 1 kOe를 걸어주고 온도-시간 프로그램용 열처리 조절장치를 사용하여, 200 °C까지 상승시간 1시간, 유지시간 1시간, 상온까지의 냉각 1시간으로 후열처리 하였다. SV박막의 자기저항 곡선을 상온에서 4탐침법을 이용하여 측정하였다.

III. 실험결과 및 고찰

Fig. 1은 bottom single SV의 MR비의 여러 O₂ 흐름에 노출되기 전에 증착된 피속박층 CoFe 두께 의존성을 나타낸다. Bottom single SV에서는 MR비가 7.2%-8.6%을 나타낸다. O₂ 흐름이 0.4-2.8 sccm 범위에서는 15 Å보다 큰 *t* 즉 O₂ 노출표면이 Cu사이층에 가까워지면 MR비가 낮아지는 것은 피속박층에 대한 자유층의 강한 결합력 때문으로 생각된다. 또한 H_{int} 가 15 Oe정도로 큰 값을 보이는 것은(Fig. 3 참고) 피속박층의 O₂ 노출표면이 Cu사이층에 너무 접근할 때 Cu사이층이 약간의 손상을 입은 것 때문으로 생각된다.

2.0 sccm O₂ 노출 시료의 경우 *t*가 감소하면 즉 피속박층의 O₂ 노출표면이 IrMn 표면에 접근하면 MR비가 증가하여 $t_m=10$ Å에서 극대를 보이며 이 극대를 보이는 값 t_m 보다 *t*가 감소하면 MR비가 급격히

감소한다. 이 극대 MR비를 얻기위한 t_m 값은 노출된 O_2 흐름량이 큰 시료일수록 커져가는 경향을 보인다. MR비가 극대를 보이는 경우에, IrMn 표면으로부터 노출된 표면이 동일한 거리 $t=10$ Å 있을 때에는 즉 $t=10$ Å일 때 2.0 sccm O_2 노출경우에는 MR비가 8.6%, 0.4 sccm O_2 노출 시에는 7.2%이다. t 가 t_m 보다 작은 경우 MR비의 급격한 감소는 이 시료의 H_{ex} 의 퇴화에 의한 감소와 잘 일치한다. Fig. 2로부터 H_{ex} 의 감소는 작은 t 즉 IrMn 표면에 근접할 때 더 심해짐을 알 수 있다. 이것은 O_2 에 노출된 피속 박층 CoFe 표면이 IrMn 층에 근접해 있음으로 인한 IrMn의 속박 특성이 역시 손상을 입은 것 때문에 오는 결과로 생각된다. H_{ex} 의 퇴화에도 불구하고, 피속박층 CoFe 두께 t 와 적절한 O_2 흐름량을 선택함으로써, 또 극대 MR값을 보이는 t_m 보다 조금 더 큰 영역의 CoFe 두께에서는 H_{ex} 의 변화가 적으므로 비교적 높은 극대 MR비와 H_{ex} 를 얻는 것이 가능하다. 즉 Fig. 3에서와 같이 $t=10$ Å에서 2.0 sccm O_2 노출로 제작한 SV 경우 MR비 8.6%, $H_{ex}=275$ Oe를 얻는다. 여기에서 왼쪽 상단의 삽입 그림은 minor 곡선을 나타낸다. 오른쪽 하단의 삽입 그림은 구조가 Si/SiO₂/Ta35/NiFe23/IrMn70/CoFe10/*/CoFe20/Cu20/CoFe30/Cu23/CoFe30/IrMn70/Ta30 인 dual SV의 MR곡선으로 MR비 12.2%, H_{ex} 260 Oe을 얻었고, dual SV의 전형적인 모습을 나타냄을 알 수 있다.

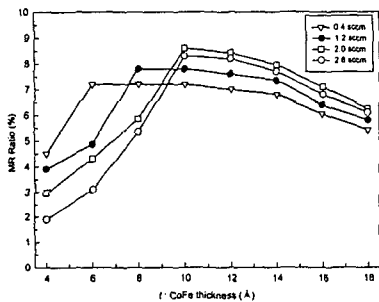


Fig. 1. The value of MR ratio(%) of the bottom single SV vs the thickness of CoFe, t , deposited prior to exposure to various O_2 flows.

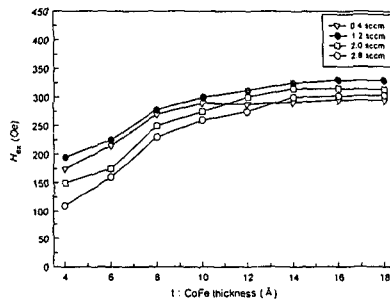


Fig. 2. The value of H_{ex} (Oe) of the bottom single SV vs the thickness of CoFe, t , deposited prior to exposure to various O_2 flows.

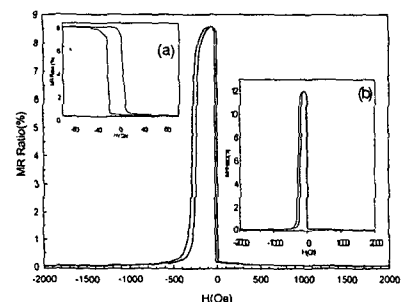


Fig. 3. Major MR curve for Si/SiO₂/Ta(30 Å)/NiFe(20 Å)/IrMn(70 Å)/CoFe(10 Å)/*/CoFe(20 Å)/Cu(20 Å)/CoFe(30 Å)/Ta(35 Å) SV. * indicates 3min O_2 2.0 sccm exposure. Inset graph (a), (b) show minor MR curve of the SV and major MR curve of the dual SV, respectively.

IV. 결론

산소 표면활성제 사용에 의한 바닥층 single IrMn SV는 피속박층 CoFe의 O_2 노출 표면이 IrMn 표면에 접근하면 MR비가 증가하여 극대치를 보이다가 더 접근하면 급격히 감소한다. 극대 MR비를 나타내는 CoFe (O_2 노출 전 피속박층)두께는 O_2 흐름량이 큰 시료일수록 커져가는 경향을 보인다. 또 이 두께보다 작은 경우 MR비의 급격한 감소는 교환결합자기장의 퇴화에 의한 감소와 잘 일치한다. 이 퇴화는 IrMn 표면에 근접할 때 IrMn 속박 특성이 손상을 입어 더 심해진다.

V. 참고문헌

- [1] D. Wang, J. M. Daughton, C. H. Smith, and E. Y. Chen, IEEE Trans. Magn. 32, 4728 (1996).
- [2] H. J. M. Swagten, G. J. Strijkers, P. J. H. Bloemen, M. M. H. Willekens, and W. J. M. de Jonge, Phys. Rev. B 53, 9108 (1996).
- [3] H. Sakakima, M. Satomi, Y. Sugita, and Y. Kawawake, J. Magn. Mater. 210, L20 (2000).

*This work was supported by the Ministry of Science and Technology under the grant number M10022010001-01G050600110.