

FeMn과 교환결합한 [Pd/Ferromagnet]_N 다층박막에서 반복층수와 Ferromagnet에 따른 자기특성

Jang-Heo^{1*}, Ho-Wan Joo², Sun-Wook Kim³, Chun-Yeol You², Ky-Am Lee¹, Sang-Suk Kim³ and Do-Gwon Hwang³

¹Department of Physics, Dankook University

²Department of Physics, Inha University

³Department of Computer & Electronic Physics, Sangji University

1. 서론

강자성/반강자성체 구조를 이용한 일반적인 교환바이어스는 초고밀도 자기기록 매체나 자기 박막 센서 등의 분야로 연구되고 있다. 현재까지 연구되었던 교환바이어스는 형상자기이방성에 기인한 수평자기이방성을 갖는 구조였다. 하지만 제작 시 인가자장 없이 자기스핀의 방향이 막 평면에 대해 수직인 수직자기이방성을 갖는 [Pd(또는 Pt)/Co(또는 CoFe)]_N 다층박막과 결합하는 FeMn, NiO 그리고 IrMn 등의 반강자성체와 수직교환결합한 교환바이어스 현상이 연구되고 있다.[1-3] 여기에서 수직자기이방성(perpendicular magnetic anisotropy ; PMA)을 갖는 다층박막은 In-plane 자기기록매체보다 큰 보자력과 기록밀도를 높일 수 있다는 장점으로 기록매체에서 현재 사용 중에 있다. 하지만 그 이외에 응용 가능성으로 최근 교환바이어스 연구가 보고 되고 있으며, 학문적으로도 아직까지 모든 현상이 규명되어진 것이 아니기 때문에 많은 흥미를 끌고 있다.[4]

본 연구는 다층박막 [Pd/F]_N에서 Pd 와 F(Ferromagnet)의 총 두께를 고정하여 수직이방성효과에서 부피이방성을 고정하고, 이 고정된 총 두께를 반복층수(stack number N)로 나눔으로 인한 표면이방성을 증가하여 이에 따른 Coercivity(H_c) 그리고 Exchange biasing(H_{ex})의 변화를 관찰하였다. 그리고 다층박막에서 강자성체 물질에 따른 수직자기이방성과 자기 특성을 관찰하였다.

2. 실험방법

다층박막은 3인치 6-gun type DC 마그네트론 스퍼터링 시스템을 사용하여 1.5 mm × 1.5 mm 크기의 코닝 1737 글래스 기판 위에 Ta/[Pd/F]_N/Ta 그리고 Ta/[Pd/F]_N/FeMn/Ta의 구조를 실온에서 제작하였다. 기판은 아세톤, 에탄올, 증류수를 사용하여 초음파 세척으로 불순물을 제거하였다. 각 층 Ta, Pd, Co, Co_{0.5}Fe_{0.5}, Co_{0.8}Fe_{0.2}, NiFe 그리고 FeMn은 10 ~ 12 Watt 사이로 증착하였다. 증착 시 초기진공도는 2.0×10^{-7} Torr이하로 유지하였으며, 작업진공도는 Ar 유입량을 MFC(Mass Flow Controller)로 제어하여 1.9×10^{-3} Torr로 유지하였다. 또한 증착 시 일정한 형태와 가장자리 효과를 없애기 위하여 제작된 금속마스크를 사용하여 증착하였다. 이렇게 제작된 시편의 수직이방성과 교환바이어스 측정을 위해 4-탐침법 자기저항 측정 장비를 이용하여 실온에서 extraordinary Hall effect(EHE) 측정, VSM (vibrating sample magnetometer) 그리고 MOKE(magneto optical Kerr effect)를 측정하였다. 이 결과를 이용하여 각 시편의 보자력(H_c)과 교환바이어스(H_{ex})를 측정하였다. 또한 결정성장을 관찰하기 위하여 XRD를 이용하여 관찰하였다.

3. 실험결과 및 고찰

Fig. 1은 구조에서 (a) Co, (b) Co_{0.5}Fe_{0.5} 그리고 (c) NiFe에 따른 자기저항 곡선이다. 이때 자기저항비는 Co, CoFe, NiFe의 각각 9%, 10% 그리고 1.6%였다. fig. 1의 결과에서 Co와 CoFe의 경우 큰 보자력으로 인하여 자기저항곡선의 형태가 나비모양으로 발생하는 것을 볼 수 있다. 이러한 큰 보자력을 줄이기 위하여 연자성체인 NiFe를 이용하였을 경우 나비모양의 형태를 줄일 수 있었으나 자기저항비는 크게 감소하는 결과가 나타났다.

Fig. 2 (a)는 다층박막에서 강자성체 물질의 각각 두께 의존성에 의한 H_c 의 변화를 나타낸 것이다. 여기서 수직자기이방성효과는 $K = K_{\perp} - 2\pi M^2$ 으로 적을 수 있다. 여기서 강자성체의 두께가 증가함에 따라 강자성층의 부피자기이방성이 증가함으로 인하여 수직자기이방성 효과가 감소하여 보자력이 감소한 것이다. 이 구조에

서 Co, Co_{0.5}Fe_{0.5} 그리고 Co_{0.8}Fe_{0.2} 두께가 각각 0.16, 0.27 그리고 0.19 nm에서 517, 367 그리고 174 Oe의 가장 큰 보자력을 갖는다. 하지만 EHE 측정결과 가장 이상적인 곡선은 0.23(Co), 0.36(Co_{0.5}Fe_{0.5}) 그리고 0.25 nm(Co_{0.8}Fe_{0.2})의 두께였다. 그리고 강자성체가 NiFe인 경우에는 수직자기이방성에 의한 곡선은 나타나지 않았다. fig. 2 (b) 그리고 (c)는 [Pd_{0.61}/Co_{0.23}]₅ 구조일 때의 Pd, Co의 총 두께를 고정하고 반복층수에 따른 H_c와 H_{ex} 나타낸 것이다. fig. 2 (b)(c)에서 H_c는 반복층수 증가에 따라 계속적으로 증가한 결과를 얻었으며, FeMn과 교환 결합한 경우 H_{ex}는 N=3부터 200 ~ 300 Oe의 거의 일정한 결과를 얻었다.

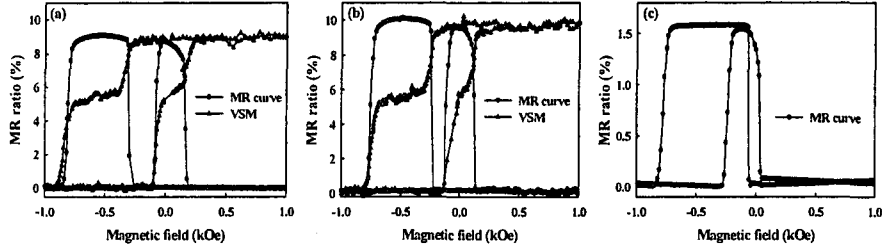


Fig. 1 Magnetoresistance and VSM curves as a thickness of (a) Co, (b) CoFe and (c) NiFe in Ta_{2.1} nm/[Pd_{0.61}/Co_{0.16}]₂/Pd_{0.61}/Co_{0.47}/Cu_{2.25}/Co_{0.7}/[Pd_{0.61}/Co_{0.23}]₂/FeMn_{10.8}/Ta_{2.1}, Ta_{2.1}nm/[Pd_{0.61}/Co_{0.16}]₂/Pd_{0.61}/CoFe_{0.72}/Cu_{2.25}/CoFe_{0.9}/[Pd_{0.61}/Co_{0.23}]₂/FeMn_{10.8}/Ta_{2.1}, and Ta_{2.1} nm/[Pd_{0.61}/Co_{0.16}]₂/Pd_{0.61}/NiFe_{0.4}/Cu_{2.25}/NiFe_{1.5}/[Pd_{0.61}/Co_{0.23}]₂/FeMn_{10.8}/Ta_{2.1}

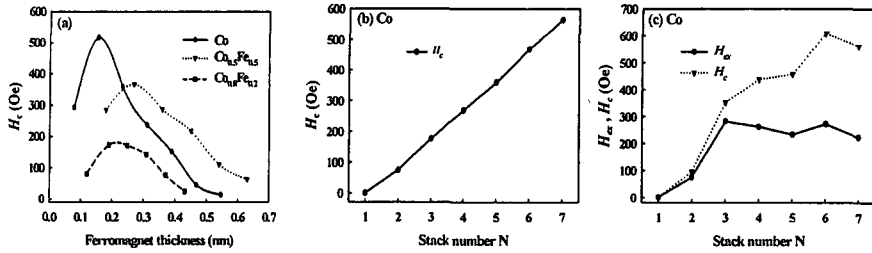


Fig. 2 (a) H_c as a function of ferromagnet material thickness in Ta_{2.1} nm/[Pd_{0.61}/F]₅/Ta_{2.1}, (b) H_c as a function of stack number N in Ta_{2.1} nm/[Pd_{3.1}/N/Co_{2.1}]_N/Ta_{2.1} and (c) H_{ex} and H_c as a function of stack number N in Ta_{2.1} nm/[Pd_{3.1}/N/Co_{2.1}]_N/FeMn_{10.8}/Ta_{2.1}

4. 결론

수직자기이방성을 갖는 Pd/F 다층박막을 이용한 스핀밸브에서 큰 보자력으로 인하여 자기저항곡선이 나비모양으로 발생하는 현상이 나타났으며, 이러한 현상은 수직자기이방성 효과에서 [Pd/F]_{x5} 다층박막에서 Pd와 F의 총 두께를 고정함으로써 부피이방성을 고정하고 다층박막의 총 두께를 반복층수 N으로 나눔으로써 보자력을 조정할 수 있는 결과를 얻었으며, 이 결과로 perpendicular spin-valve와 magnetic tunnel junction에 이용할 수 있을 것으로 사료된다.

This work was supported by the KOSEF No. R01-2005-000-11188-0 and the Korea Research Foundation Grant funded by the Korean Government(MOEHDR) (KRF-2005-070-C00053).

5. 참고문헌

- [1] J. Sort, V. Baltz, F. Garcia, B. Rodmacq and B. Dieny, Phys. Rev. B **71**, 054411(2005).
- [2] Yunfei Ding, Jack H. Judy and J. P. Wang, J. Appl. Phys. **97**, 10J117(2005).
- [3] F. Garcia, F. Fetta, S. Auffret, B. Rodmacq, and B. Dieny, J. Appl. Phys. **93**, 8397(2003).
- [4] S. N. Piramanayagam, IEEE Trans. Magn. **33**(5), 3247(1997).