

FeMn과 교환결합된 [Pd/Co] 다층막에서 수직자기이방성의 바닥층과 다층막 두께 의존성 (Dependence of buffer layer and multilayer thickness in [Pd/Co] multilayers exchange biased FeMn)

Dankook Univ. Mi-Sun Lee*, Ho-Wan Joo, Jin-Hee An, Jin-Hyup Choi, Hyun-Sin Kim and Kee-Am Lee
Sangji Univ. Sun-Wook Kim, Sang-Suk Lee and Do-Geun Hwang

1. 서론

강자성/반강자성체 구조를 이용한 일반적인 교환바이어스(H_{ex})는 초고밀도 자기기록 매체나 자기 박막 센서 등의 분야로 연구되고 있다. 현재까지 연구되었던 교환바이어스는 형상자기이방성에 기인한 수평자기이방성을 갖는 구조였다. 하지만 최근 인가자장 없이 스핀의 방향이 막 평면에 대해 수직인 수직자기이방성을 갖는 [Pd/Co] 또는 [Pt/Co] 다층막 위에 FeMn, NiO, 그리고 CoO 등의 반강자성체 사이에 결합한 교환바이어스 현상을 이용한 구조가 연구되고 있다.[1-3] 이러한 수직자기이방성을 갖는 교환바이어스 연구가 보고 되어지면서 이것을 이용한 자기 및 광자기 기록 매체나 자기 박막 센서로 응용하려는 연구가 활발해지고 있으며, [Pd/Co] 또는 [Pt/Co] 다층막의 수직자기이방성은 다양한 자기적 특성들이 나타났다. 이러한 특성을 교환바이어스에 이용하면서 여러 분야의 이용 가능성과 발전성을 보고하고 있다.[4]

본 연구는 다층막 [Pd/Co]에서 Pd 와 Co의 두께변화를 통해 보자력(H_c)과 교환바이어스(H_{ex})의 두께 의존성을 관찰하며, 바닥층의 의존성을 관찰하기 위하여 바닥층을 Ta과 Pd로 하여 의존성을 관찰하였다.

2. 실험방법

[Pd/Co]₅/FeMn 다층박막은 3인치 6-gun type DC 마그네트론 스퍼터링 시스템을 사용하여 1.5 mm × 1.5 mm 크기의 코닝 1737 글래스 기판 위에 Ta(Pd)/[Pd/Co]₅/FeMn/Ta(Pd)의 구조로 제작하였다. 기판은 아세톤, 에탄올, 증류수를 사용하여 초음파 세척으로 불순물을 제거하였다. 각 층의 증착 비율은 Ta 1Å/s, Pd 1.3Å/s, Co 1.6Å/s, 그리고 FeMn 1.3Å/s로 증착하였다. 증착시 초기진공도는 5.0×10^{-7} Torr이하로 유지 하였으며, 작업진공도는 Ar 유입량을 MFC(Mass Flow Controller)로 제어하여 1.5×10^{-3} Torr로 유지하였다. 또한 증착시 일정한 형태와 가장자리 효과를 없애기 위하여 제작된 마스크를 사용하여 증착하였다. 이렇게 제작된 시편의 수직이방성과 교환바이어스 측정을 위해 4-탐침법 자기저항 측정 장비를 이용하여 실온에서 Hall effect 측정을 하였다. 이 결과를 이용하여 각 시편의 보자력(H_c)과 교환바이어스(H_{ex})를 분석하였다. 그리고 XRD 측정 장비를 이용하여 시편의 결정성장을 분석하였다.

3. 실험결과 및 고찰

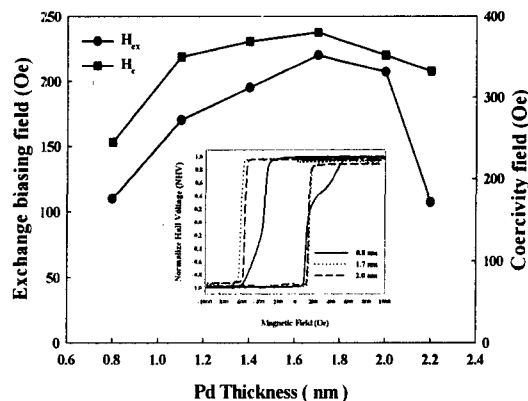


Fig 1. Exchange biasing field(H_{ex}) and coercivity field(H_c) Ta(1.9 nm)/[Pd(t nm)/Co(0.8 nm)]₅/FeMn(15 nm)/Ta(1.9 nm) multilayers as a function of the Pd thickness. The insert shows Normalized Hall Voltage(NHV) curves as a function of the Pd thickness.

그림 1.은 Ta(1.9 nm)/[Pd(t nm)/Co(0.8 nm)]₅/FeMn(15 nm)/Ta(1.9 nm) 다층막 구조에서 다층막 Pd의 두께에 따른 H_{ex}와 H_c 그리고 Normalized Hall Voltage(NHV) 곡선을 보인 것이다. 다층막 Pd의 두께가 증가함에 따라 NHV 곡선에 보이는 것처럼 수직자기이방성에 의한 곡선이 뚜렷하게 나타나는 현상을 관찰 할 수 있으며, H_{ex}와 H_c는 1.7 nm 까지 각각 220 Oe, 380 Oe로 증가하다가 이후 H_{ex}와 H_c는 각각 107 Oe, 332 Oe로 감소하는 결과를 얻었다. 그림 2.는 Ta(1.9 nm)/[Pd(0.8 nm)/Co(t nm)]₅/FeMn(15 nm)/Ta(1.9 nm) 다층막 Co의 두께에 따른 H_{ex} 와 H_c 그리고 NHV 곡선을 보인 것이다. 다층막의 Co 두께가 0.48 nm일 때 H_{ex} 최대값을 가지며, H_c는 0.32 nm일 때 633 Oe 최대값을 나타내었다. Co 두께가 증가함에 따라 H_{ex}와 H_c는 현저히 감소하였으며, 수직자기이방성에 의한 곡선이 Co 두께가 증가함에 따라 비대칭적인 곡선을 나타내는 것을 관찰 할 수 있다. 이 결과는 자화 스핀의 방향이 수직적인 것이 Co의 두께가 증가하면서 시료의 수평방향으로 놓이면서 발생하는 것으로 사료된다.

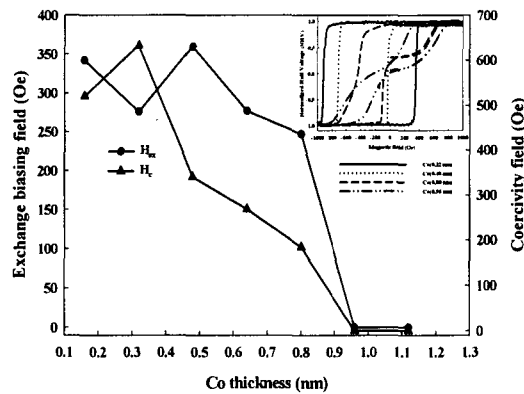


Fig. 2 Exchange biasing field(H_{ex}) and coercivity field(H_c) of Ta(1.9 nm)/[Pd(0.8 nm)/Co(t nm)]₅/FeMn(15 nm)/Ta(1.9 nm) multilayer as a function of the Co thickness. The insert shows NHV curves as a function of the Co thickness.

4. 결론

본 연구는 FeMn과 교환 결합된 [Pd/Co] 다층막에서 수직이방성의 바닥층과 다층막의 두께 의존성을 알아보았다. 그 결과 다층막에서 Pd 두께를 변화시켰을 때 Pd의 두께가 0.8 nm 이하이면 수직자기이방성이 사라졌으며 그 이상이 되었을 경우 뚜렷하게 나타나는 것을 관찰 할 수 있었다. 이 결과는 Pd 물질이 Co 층이 수직자기이방성의 특성을 잘 나타나게 돕는 것으로 간주된다. 또한 Pd 층의 두께가 증가함에 따라 보자력(H_c)과 교환바이어스(H_{ex})는 증가하였으며, Pd 층이 1.6 nm 두께일 경우 최대값을 나타내었다. 다층막에서 Co 층의 두께가 Pd 층의 두께 보다 얇은 두께를 가질 때 수직이방성에 의한 곡선이 뚜렷하게 관찰되었다. 그리고 이때 보자력(H_c)과 교환바이어스(H_{ex})는 큰 값을 얻을 수 있었다. 한편 Co 층의 두께가 Pd 층의 두께보다 큰 경우에는 수직자기이방성에 의한 곡선은 비대칭적인 곡선으로 나타났으며, 보자력(H_c)과 교환바이어스(H_{ex})는 현저히 감소하였다.

5. 참고문헌

- [1] Z. Y. Liu, et al, Phys. Rev. Lett. **91**, 037207(2003).
- [2] F. Garcia, et al, J. Appl. Phys. **93**, 8397(2003).
- [3] C. H. Marrows, Phys. Rev. B **68**, 012405(2003).
- [4] S. N. Piramanayagam, IEEE Trans. Magn. **33**(5), 3247(1997).