

수직이방성 [CoFe/Pt/CoFe]/IrMn 다층박막에서 상호교환 결합력 진동현상의 Pt 두께 의존성

Pt Thickness Dependence of Oscillatory Interlayer Exchange Coupling in [CoFe/Pt/CoFe/IrMn] Multilayers with Perpendicular Anisotropy

최종구¹, 이진용¹, 김미선¹, 김선욱², 황도근^{1,2}, 이장로³, 이상석^{1,2}

¹상지대학교 컴퓨터전자물리학과

²상지대학교 대학원 기능성전자소재학과

³숙명여자대학교 물리학과

비자성체 금속(Cr)에 의해 분리된 두 강자성체(Fe) 층들 사이의 면상에서의 상호결합력은 단원자층 두께 주기로 진동한다. 다양한 재료들의 간격에서 이러한 거동현상은 일반적인 특징으로 여러 논문에서 발표되었다[1-3]. 여기서 진동 주기는 다층박막 층면에 수직되게 놓여진 간격 재료의 페르미 표면의 가로막은 벡터들에 관계되며[4,5], RKKY형 결합으로부터 일어난다고 볼 수 있다. 한편 상호교환 결합의 진동현상이 수직자기이방성을 갖는 Co/Ru[6]와 Ni/Cu 초격자 구조[7]뿐만 아니라, 절연 사잇층 MgO 혹은 [Pt/Co]₃/NiO/[Co/Pt]₃ 다층구조에서도 NiO 두께에 따라 같은 현상으로 나타남이 Z. Y. Liu 그룹에 의해 최근 발표하였다[8]. 그들은 이것을 부도체 간격이 강자성체의 페르미 준위 보다 높은 직각형 장벽높이 모델로 설명하였다. 특히, 수직이방성을 갖는 [Co/Pt]₃ 다층박막간의 상호교환결합이 자성층과 부도체층의 계면에서 스핀의존 반사에 의한 간격층 내 전자파동의 간섭 때문인 것으로 보았다[9].

본 연구는 이미 발표된 수직자성에서 비자성 금속 사잇층의 단원자 두께에 의존하는 진동현상을 상세하게 규명하고자 두 자성 CoFe 층의 사이에 비자성 Pt 층으로 이루어진 3층박막에서 반강자성체 IrMn 층과 CoFe 층간에 수직자기이방성 교환결합을 유도하였다. 그리고 Pt 층의 두께에 의한 두 자성층간의 상호 교환결합의 주기성을 관찰하였다. 우선 박막시료는 Corning glass(7059) 기판 위에 알맞은 버퍼층을 증착한 후 [Pt(5 Å)/CoFe(5 Å)]_n/IrMn(100 Å) (n=2,3,4,5) 다층박막을 dc-마그네트론 스퍼터링 법으로 제작하였다. FIG.-1은 층수 n에 의존하는 수직자성으로 교환결합된 자기특성을 조사하기 위해 측정된 Hall-전압 곡선을 보여준다. IrMn과 인접한 CoFe/Pt층에 유도된 수직자기 교환결합이 끼치는 범위가 층수가 증가함에 따라 변함을 알 수 있다. 즉, 가장 가까운 계면에서 교환결합이 형성한 후 Pt층을 간격을 두고 다른 [CoFe/Pt] 다층구조는 상호교환 결합으로 기여함을 나타낸다. 본 실험에서는 IrMn의 두께변화, 버퍼층 두께변화, 인가자장의 각도 변화와 더불어 77 K부터 상온까지 온도에 의한 의존성을 관찰하였다.

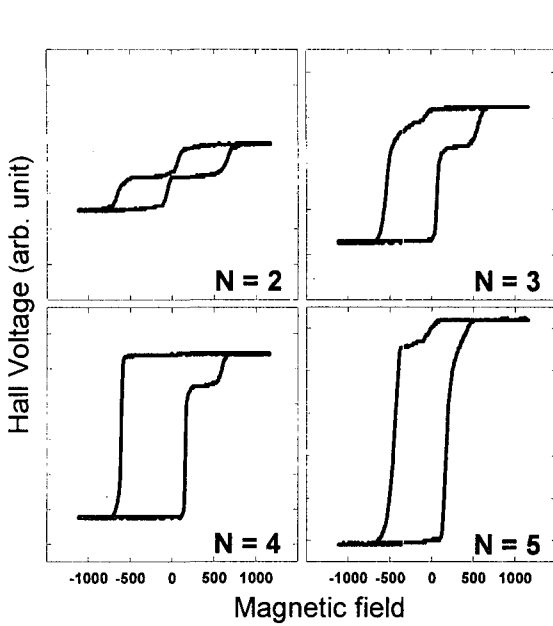


FIG. 1. The major anomalous Hall-voltage curves along the out-of-plane easy axis for glass/Buffer/[Pt(5 Å)/CoFe(5 Å)]_n/IrMn(100 Å) (n=2,3,4,5).

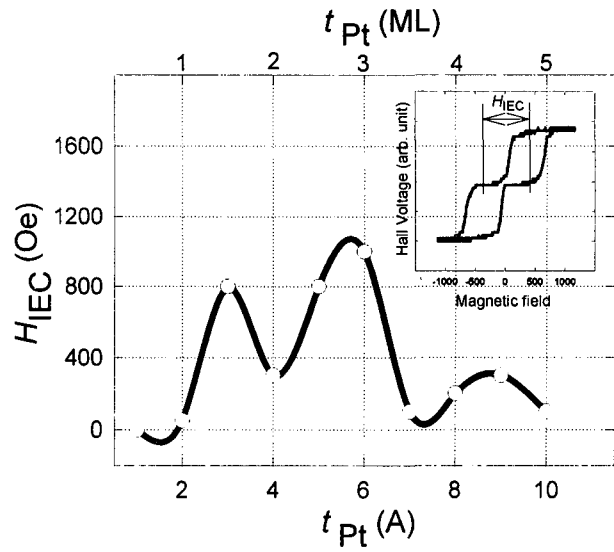


FIG. 2. The H_{IEC} strength as a function of NiO Thickness (in units of both Å and ML) at room temperature. H_{IEC} defined by interval two between exchange biasing fields of shifted minor loops, as shown in inset.

FIG.-1의 박막시료 중 층수가 n=2인 단순한 glass/버퍼층/CoFe(5 Å)/Pt(t)/CoFe(5 Å) /IrMn(100 Å) 다층구조에서 Pt의 두께 1 Å 간격으로 9 Å 까지 변화시켜 보았다. FIG.-2는 제작한 박막시료들은 각각 Hall-전압 곡선을 측정하여 삽입한 그림에서 정의를 한 상호교환 결합력 (H_{IEC})이 Pt층 두께에 대한 진동현상을 나타낸 것이다. 여기서 얻은 진동주기는 fcc 구조를 갖는 Pt의 단위자적 두께 2.77 Å의 근방인 약 3 Å 정도임을 보여줌으로써 최근의 여러 논문에서 보고된 것과 같은 실험결과를 얻을 수 있었다.

References

- [1] P. Grunberg *et al.*, Phys. Rev. Lett. 57, 2442 (1986).
- [2] S. S. Parkin, Phys. Rev. Lett. 67, 3598 (1991).
- [3] S. S. Parkin, N. More, and K. P. Roche, Phys. Rev. Lett. 64, 2304 (1990).
- [4] P. Bruno, and Chappert, Phys. Rev. Lett. 67, 1602 (1991).
- [5] M. D. Stiles, Phys. Rev. B 48, 7238 (1993).
- [6] K. Ounadjela *et al.*, Phys. Rev. B 45, 7768 (1992).
- [7] G. Gubbiotti *et al.*, J. Magn. Magn. Mater. 240, 461 (2002).
- [8] Z. Y. Liu and S. Adenwalla, Phys. Rev. Lett. 91, 37207 (2003).
- [9] P. Bruno, Phys. Rev. B 52, 411 (1995).