

반강자성 NiO에 의한 Spin valve 박막에서의 GMR 효과와 자기적 특성

단국대학교 물리학과
박 창 만*, 이 기 암
상지대학교 물리학과
황 도 근, 이 상 석
숙명여자대학교 물리학과
김 미 양, 이 장 로

Magnetoresistance and Magnetic Properties in NiO Spin valve Films

Dankook University Dept. of Physics
C.M. Park*, K.A. Lee
Sangji University Dept. of Physics
D.G. Hwang, S.S. Lee
Sookmyung Women's University Dept. of Physics
M.Y. Kim, J.R. Lee

1. 서 론

자기기록매체의 발달과 고밀도화에 따라 저자장에서 고감도와 저층(3~5층)에서의 큰 자기저항비의 실현이 GMR 연구자들의 주요 관심이 되어 연구되고 있다[1-2]. 특히 반강자성체인 FeMn을 이용한 spin valve형 자기저항 소자의 개발과 이에 대한 많은 연구가 이루어졌다[3-4]. 그러나 FeMn의 소자 응용시 문제점인 low Neel tem.이 antiferromagnetic NiO의 출현을 가져왔으며 NiO를 이용한 spin valve박막은 높은 Neel tem.와 good corrosion으로[5] 저자장에서의 high exchange field와 MR비를 실현하였다. 또한 NiO를 이용한 exchange field와 coercive field, 그리고 자기저항비에 대한 연구는 여러 가지 magnetic materials를 이용한 spin valve로 연구 개발되고 있으며, NiO/NiFe/Cu/NiFe에 관한 연구가 활발하며 이미 다른 연구자들에 의해 NiO 이외의 IrMn 등을 이용한 spin valve등이 발표된 사례도 있다[6]. 그러나 이러한 반강자성체를 이용한 spin valve형 박막에서의 가장 큰 문제는 반강자성체와 강자성체에서의 교환 결합력(exchange field)을 유도하는 기본 메커니즘의 규명이며 NiO 또는 다른 반강자성체에서의 H_{ex} (exchange field)에 따른 결정학적 연구와 자기저항비를 증대시키기 위한 노력이 함께 이루어져야 한다고 생각된다. 본 실험에서는 이러한 NiO를 기본으로 한 spin valve 박막에서의 기본적인 자기저항비의 거동과 여러 다른 조합형태의 박막을 제작하여 이들의 자기적 특성과 기본 메커니즘에 대한 이해를 위한 실험을 하였다.

2. 실험방법

3-inch 4-gun dc-rf magnetron sputtering을 이용하여 반강자성체인 NiO를 powder compressed NiO target으로 RF magnetron sputtering 방법으로 Corning #7059 glass위에 성장 시킨 후, 그 위에 spin valve 박막을 dc-magnetron sputtering 방법으로 증착하였으며, 이때의 기본 spin valve 구조는 NiO/NiFe/Cu/NiFe/Ta의 형태를 갖는다. 또한 기본 spin valve의 구조에 다른 자성층인 CoFe를 삽입하여 이때의 자기적 특성을 관찰하였으며, 이때의 각 target의 순도는 99.9% 이상이었다. 시편제작시의 초기 진공도는 2×10^{-6} torr이며 증착시 Ar partial pressure는 1.6×10^{-3} torr이었다. 각 층의 두께는 동일한 증착률에서 각 타겟 위에 머무는 시간으로 조절하였으며 정확한 두께는 low-angle XRD로 계산하였다. 본 실험의 경우 NiO의 증착률은 0.2~0.4 Å/sec이고, 이외의 자성층(NiFe, CoFe)과 비자성층(Cu, Ta)의 증착률은 1.3~2.0 Å/sec이었다. 시편의 자기적 특성과 자기저항비 그리고 exchange field와 coercive field는 VSM과 MR curve로부터 측정 계산하였다. 자기저항비의 측정은 four terminal method로 전류방향에 수직

하게 자장을 인가, 측정하였다. 또한 NiO single layer와 NiO/NiFe의 bi-layer를 AFM을 이용하여 측정, surface morphology와 exchange field의 관계를 관찰하였다.

3. 실험결과 및 고찰

Fig. 1은 기본 spin valve 박막의 자기저항비에 대한 그림이다. 약 3.7%의 높은 자기저항비와 135 Oe의 높은 exchange field를 보인다. 이러한 기본적인 spin valve 박막의 자기저항비의 증가를 위하여 NiFe보다는 보자력이 높은 CoFe를 pinned layer와 non-magnetic layer 사이에 삽입, MR curve를 관찰하였다. 이때 MR비는 증가하나 H_{ex} 와 H_c 는 증가함을 보이며, Fig. 2와같이 NiO위에 CoFe/Cu/CoFe spin valve를 증착한 경우 기존 NiFe/Cu/NiFe 박막의 step형 MR curve는 관찰할 수 없었다. 또한 NiO위에 성장된 multi-like spin valve 박막의 경우 MR비는 증가하나 H_{ex} 의 변화는 관찰할 수 없었다. 또한 XRD와 AFM의 결과로부터 exchange biased spin valve 박막의 경우 반강자성체의 결정구조와 강자성체의 계면에서의 morphology가 중요한 정보를 가지고 있음을 알 수 있었다.

4. 결 론

반강자성 NiO를 기본으로 한 NiFe/Cu/NiFe spin valve 박막에서 높은 MR비(3.70%)와 큰 H_{ex} (135 Oe)를 얻을 수 있었다. 또한 기존의 실험과 같이 NiO 위에 성장된 spin valve 박막의 경우, 여러 강자성체 중 NiFe가 가장 작은 보자력과 큰 교환결합력을 갖고 있음을 알 수 있었으며, 이러한 박막에 uncoupled type의 CoFe를 삽입한 결과 MR비는 증가하지만 보자력의 증가로 step type의 MR곡선은 관찰할 수 없었다. 이러한 반강자성체를 이용한 자기저항 박막의 경우 반강자성체의 결정학적 구조와 exchange field의 메커니즘에 대한 연구는 자기저항소자의 개발에 반드시 필요한 부분이다.

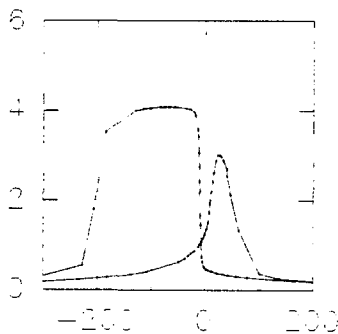


Fig. 1 MR curve in NiO₃₅₀/NiFe₅₀/Cu₂₀/NiFe₅₀/Ta₅₀ spin valve system.

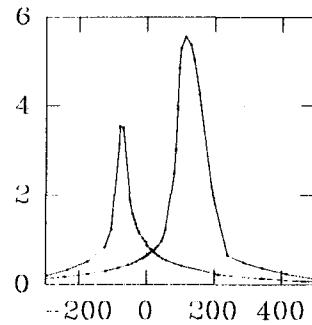


Fig. 2 MR curve in NiO₃₅₀/CoFe₅₀/Cu₂₀/CoFe₅₀/Ta₅₀ spin valve system.

5. 참고문헌

1. T.L.Hylton, K.R.Coffey, M.A.Parker and J.K.Howard, *Science* **261**, 1021 (1993).
2. B.Dieney, V.S.Speriosu, S.S.P.Parkin, B.A.Gurney, D.R.Wilhoit and D.Mauri, *Phys.Rev. B.* **43**, 1297 (1991).
3. B.Dieney, V.S.Speriosu, S.Metin, S.S.P.Parkin, B.A.Gurney, P.Baumgart, and D.R.Wilhoit, *J.Appl. Phys.* **69**(8), 4774 (1991).
4. D.Mauri, H.C.Siegmann, P.S.Bagus, and E.Kay, *J. Appl. Phys.* **62**, 3047, (1987).
5. M.J.Carey and A.E.Berkowitz, *Appl. Phys. Lett.* **60**, 3060 (1992).
6. Katsumi HOSHINO, Ryoichi NAKATANI, Hiroyuki HOSHIYA, Yutaka SUGITA and Shiegeru TSUNASHIMA, *Jpn. J. Appl. Phys.* **35**, 607-612, (1996).