

높은 열적 안정성을 갖는 [Ni/Mn] 초격자 스핀-밸브 박막

숙명여대 최규리*, 이남이, 김미양, 이장로
삼지대 이상석, 황도근

[Ni/Mn] Superlattice-Based Spin-Valves with High Thermal Stabilities

Sookmyung Women's Univ. K. L. Choi*, N. I. Lee, M. Y. Kim and J. R. Rhee
Sangji Univ. S. S. Lee and D. G. Hwang

1. 서 론

반강자성체를 이용하는 스핀-밸브 구조는 높은 자기저항비와 높은 자장감응도(%/Oe)를 갖는 자기저항 특성과 비교적 간단한 적층구조로 이루어져 있기 때문에 고밀도 기록 및 판독헤드의 핵심소자로 활용되어 왔다[1]. 지금까지 개발된 여러 가지 반강자성체 물질로는 FeMn, IrMn, NiMn, NiO 등이 있으나 반강자성체 FeMn와 IrMn은 상온에서 교환결합세기(H_{ex})가 300 Oe 정도이나 스핀-밸브 박막의 센서개발에 필요한 공정온도인 120°C 정도에서 결합세기가 50 Oe 이하로 감소하고, 온도가 증가하여 Neel 온도로 접근하는 경우 반강자성체 특성이 사라져 H_{ex} 가 결국 0이 되는 현상[2]과 정전압 방전에 의해 상승된 온도 250°C 근처에서 고정층 NiFe의 자화반전 현상[3] 등은 반강성층의 blocking 온도가 낮아서 발생하므로 실용성에 큰 문제점을 가지고 있다[4]. 그러므로 높은 Neel 온도를 갖는 새로운 반강자성체 물질을 개발하여 300°C 이상의 blocking 온도를 갖는 스핀-밸브 박막 개발이 절실히 필요하다. 반강자성 특성을 보이는 $Ni_{50}Mn_{50}$ 의 격자구조는 Ni와 Mn 원자들로 구성된 독립적인 면들이 서로 교차하여 이루어진 fcc 구조를 형성하는 정렬된 CuAu-I(L10)형 정방결정구조를 가지고 있어 높은 Neel 온도를 나타내며 NiMn형 스핀밸브 박막이 Neel 온도와 거의 같은 blocking 온도뿐만 아니라 증착 후 열처리방법으로 NiMn 박막내 원자층 정렬을 유도하여 높은 H_{ex} 를 얻을 수 있을 것으로 기대된다. 본 연구에서는 Neel 온도가 큰 정렬된 NiMn 박막구조를 얻기 위해 합금박막 형태와 달리 Ni와 Mn을 각각 원자층 단위로 증착한 인공초격자 [Ni/Mn]박막위에 NiFe/Cu/NiFe 스핀-밸브 박막을 제조하여 열처리를 통해 자기적 특성등을 살펴보고자 한다.

2. 실험방법

유리기판(Corning 7059)위에 $[Ni(t\text{\AA})/Mn(3\text{\AA})]_N/NiFe(60\text{\AA})/Cu(30\text{\AA})/NiFe(60\text{\AA})$ 스핀-밸브 박막을 dc 스퍼터링 방법으로 초기진공도 2.0×10^{-6} Torr에서 Ar 부분압력이 5 mTorr, 증착율은 1.5~2.0 Å/s로 제작하였다. $[Ni(2\text{\AA})/Mn(3\text{\AA})]_N$ 초격자의 증착층수는 각각 35와 60으로 하였고 $[Ni/Mn]_{80}$ 초격자 스핀-밸브 박막 제조시 Ni 성분조성비는 증착시간을 달리하여 각각 30, 38, 41, 45, 48 at. %로 변화시켰다. 상온에서 증착한 [Ni/Mn] 초격자와 NiFe층 사이에 교환결합을 유도하기 위해 2.0×10^{-6} Torr의 진공도에서 350 Oe의 자기장과 기판온도 240°C로 열처리를 행하였다. VSM을 이용하여 자기적 특성을 조사하였고 성분 분석은 EDS를 이용하였다. 스핀-밸브 박막의 자기저항곡선은 상온에서 4 탐침법을 이용하여 측정하였다.

3. 실험결과 및 고찰

Fig. 1(a)와 (b)는 $[Ni(2\text{\AA})/Mn(3\text{\AA})]_N/NiFe(60\text{\AA})/Cu(30\text{\AA})/NiFe(60\text{\AA})$ 스핀-밸브 박막의 초격자 증착층수 N을 각각 60과 35로 했을 때 열처리 순환수에 따른 교환결합력(H_{ex})과 보자력(H_c)을 보여주고 있다. Fig. 1(a)의 삽입도는 H_{ex} 와 H_c 의 정의를 나타낸 것이다. 이때 순환수 1회의 열처리는 240°C에서 2시간동안 시행하였으며 이 조건은 NiMn 층의 원자 배열 구조를 정렬시키는 것으로 생각된다. 두 경우 모두 6번의 열처리 순환수까지는 H_{ex} 과 H_c 가 증가하다가 포화되는 형태를 나타내며 이때의 H_{ex} 과 H_c 는 N=60일 때 각각 220 Oe, 120 Oe였고 N=35일 때 110 Oe, 55 Oe였다. Fig. 2는 $[Ni(t\text{\AA})/Mn(3\text{\AA})]_{80}/NiFe(60$

Å)/Cu(30 Å)/NiFe(60 Å) 스핀-밸브 박막에서 Ni의 증착 시간을 달리하여 Ni at. %를 변화시켰을 때의 H_{ex} 과 H_c 를 나타낸 그림이다. 이때 Ni의 두께는 각각 2, 2.7, 3, 3.4, 3.8 Å이었고 at. %는 30, 38, 41, 45, 49 %로 측정되었다. Ni의 조성비가 38 at. %일 때 H_{ex} 과 H_c 는 극대치를 나타냈으며 각각 160 Oe, 125 Oe 였다. Fig. 2에 삽입된 그래프는 극대치를 나타낸 Ni 38 at. % 시료에 대해 240°C에서 12시간 열처리했을 때의 자기저항 곡선이며 H_{ex} 과 H_c 는 각각 305 Oe, 245 Oe였다.

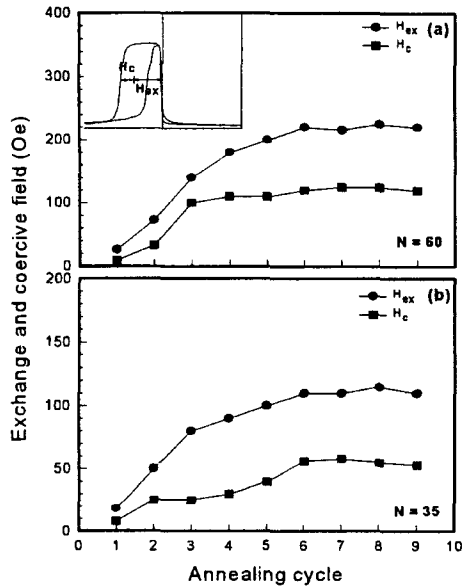


Fig. 1. Exchange coupling field (H_{ex}) and coercive field (H_c) versus annealing cycle for (a) $[\text{Ni}(2 \text{ \AA})/\text{Mn}(3 \text{ \AA})]_{60}/\text{NiFe}(60 \text{ \AA})/\text{Cu}(30 \text{ \AA})/\text{NiFe}(60 \text{ \AA})$ and (b) $[\text{Ni}(2 \text{ \AA})/\text{Mn}(3 \text{ \AA})]_{35}/\text{NiFe}(60 \text{ \AA})/\text{Cu}(30 \text{ \AA})/\text{NiFe}(60 \text{ \AA})$ spin-valves.

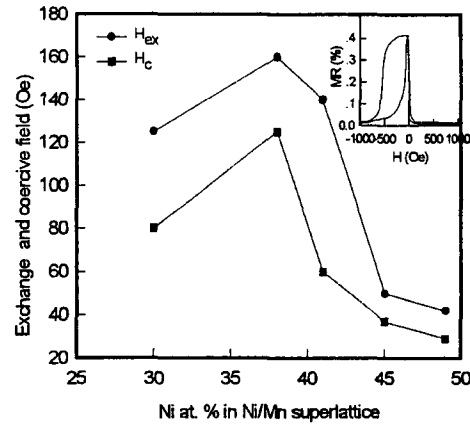


Fig. 2. Exchange coupling field (H_{ex}) and coercive field (H_c) versus Ni at. % in $[\text{Ni}(t \text{ \AA})/\text{Mn}(3 \text{ \AA})]_{60}/\text{NiFe}(60 \text{ \AA})/\text{Cu}(30 \text{ \AA})/\text{NiFe}(60 \text{ \AA})$ spin-valves after thermal annealing, Ni at. % = 30, 38, 41, 45 and 49 % when $t = 2, 2.7, 3, 3.4,$ and 3.8 \AA . (Inset : MR ratio curve versus the magnetic field of $[\text{Ni}(2.7 \text{ \AA})/\text{Mn}(3 \text{ \AA})]_{60}/\text{NiFe}(60 \text{ \AA})/\text{Cu}(30 \text{ \AA})/\text{NiFe}(60 \text{ \AA})$ spin-valves after thermal annealing for 12 hours at 240°C)

4. 결 론

Ni/Mn 초격자 스핀-밸브 박막을 dc 스퍼터링 방법으로 제작하여 열적 안정성을 조사하였다. 외부자 가장 350 Oe를 가하여 240°C에서 열처리한 Ni/Mn 초격자 박막은 반강자성 특성을 보이는 fct 구조를 나타내었다. Ni/Mn 초격자의 증착층수가 많아지면 교환결합력과 보자력은 커지는 경향을 나타내었으며 Ni의 성분비 38 at. %에서 극대치를 나타내었다. 그러나 열처리에 따른 NiFe/Cu 계면확산의 영향으로 자기저항비는 작은값을 나타내었다. NiMn 합금 박막 대신 Ni/Mn 초격자 박막은 좋은 원자 배열 구조 때문에 높은 열적 안정성과 교환결합력을 증가시키는 것으로 생각된다.

5. 참고문헌

- [1] B. Dieny, V. S. Superiosu, S. Metin, S. S. P. Parkin, A. A. Gurney, P. Baumart and D. R. Wilhoit, *J. Appl. Phys.* **69**, 4771 (1991).
- [2] P. A. A. van der Heijden, T. F. M. M. Maas, W. J. M. de Jonge, J. C. S. Kools, F. Roozeboom, and P. J. van der Zaag, *Appl. Phys. Lett.*, **72**, 492(1998).
- [3] R. W. Cross, Y. K. Kim, J. O. Oti, and S. E. Russek, *Appl. Phys. Lett.*, **69**, 3935(1996).
- [4] A. J. Devasahayam and M. H. Kryder, *IEEE Trans. Magn.* **32**, 4654(1996).