

인공 초격자 반강자성을 이용한 스핀-밸브 박막

숙명여대 이남이, 황재연, 김선희, 김미양, 이장로
상지대 이상석, 황도근
단국대 김종기

Spin-Valves with Superlattice-Based Antiferromagnets

Sookmyung Women's Univ. N. I. Lee*, J. Y. Hwang, S. H. Kim, M. Y. Kim and J. R. Rhe
Sangji Univ. S. S. Lee and D. G. Hwang
Dankook Univ. J. K. Kim

1. 서론

스핀밸브 (Spin valve; SV)용 센서 동작시 피속박자성층의 자화방향을 변하지 않게 하려면 300 Oe이상의 충분한 교환결합세기 (exchange coupling field; H_{ex})가 필요하여[1] AFM 속박층 재료로서 FeMn, NiO, NiMn, IrMn, PtMn 등이 연구되어 왔으나[2-3], 이것들 중에서 높은 교환결합력, 높은 blocking 온도, 양호한 부식저항력등 유익한 장점을 갖고 있는 NiMn과 PtMn은 AFM재료 중에서도 높은 교환결합력을 위한 유력한 재료이지만[2],[4], 이 둘이 반강자성을 띠는 AFM 상을 갖게하려면 고온 열처리 과정을 거쳐야 하고 속박상(pinning profile; H_{ex} 에 대한 피속박층 보자력 H_c 의 비)이 불량한 단점이 있다. 그러한 열처리 과정은 SV의 GMR 효과에 손상을 입혀 문제가 되기도 한다.

본 연구에서는 Neel 온도가 큰 정렬된 NiMn, PtMn 박막구조를 얻기 위해 합금박막 형태와 달리 Ni과 Mn 또는 Pt와 Mn을 각각 원자층 단위로 스퍼터링한 인공초격자 [Ni/Mn], [Pt/Mn]박막을 각각 반강자성 속박층으로 하는 [Ni(Pt)/Mn]_N/NiFe/(Co)/Cu/(Co)/NiFe SV 박막을 제조하여 열처리를 통해 자기저항 특성 등을 살펴보고자 한다.

2. 실험방법

유리기판(Corning 7059)위에 [Ni(Pt)/Mn]_N/NiFe/(Co)/Cu/(Co)/NiFe 구조의 SV 박막을 dc 스퍼터링 방법으로 초기진공도 1.2×10^{-6} Torr에서 Ar 부분압력이 5 mTorr, 증착율은 1.5~2.0Å/s로 제작하였다. 초격자의 증착층수 N은 각각 35, 60, 80 등으로 하였고 초격자 박막 [Ni/Mn], [Pt/Mn] 제조시 Ni 및 Pt 성분조성비는 증착시간을 변화시켜 달라 지도록하였다. 상온에서 증착한 이들 초격자와 NiFe층 사이에 교환결합을 유도하기 위해 2.0×10^{-6} Torr의 진공도에서 350 Oe의 자기장과 기판온도 200~240°C로 열처리하였다. VSM을 이용하여 자기적 특성을 조사하였고 성분 분석은 EDX를 이용하였다. 스핀-밸브 박막의 자기저항곡선은 상온에서 4 탐침법을 이용하여 측정하였다.

3. 실험결과 및 고찰

[Ni(2Å)/Mn(3Å)]₄₀/NiFe(t)/Cu(30Å)/NiFe(60Å) SV의 속박층 NiFe의 두께를 50Å, 70Å 및 100Å로 달리했을 때, 각각의 MR비 및 교환결합력과 보자력의 열처리 순환수 의존성을 Fig. 1에 나타내었다. 속박층 NiFe의 두께가 50Å인 시료1의 경우 열처리 순환수 7회까지는 H_{ex} 와 H_c 가 각각 200 Oe와 80 Oe로 선형증가 하고, 8회 이후는 서서히 감소하는 경향을 보인다. 시료2의 70Å인 경우는 열처리 순환수 2~5회에서 220 Oe와 140 Oe로 포화되었다가 7회 이후 110 Oe와 140 Oe로 점차 감소하며, 100Å인 시료3의 경우 9회까지 150 Oe와 60 Oe로 증가한다. 시료1과 2의 극대MR비는 0.4 % 및 0.6 %이나 시료3의 경우 9회까지 1.2 %를 유지하여 시료의 열적 안정성이 양호함을 보인다. Fig. 2는 240 °C에서 12시간 열처리한 [Ni(2.7Å)/Mn(3Å)]₈₀/NiFe(60Å)/Cu(30Å)/NiFe(60Å) SV의 MR곡선으로 H_{ex} 가 305 Oe이

며, Fig. 3은 비자성층과 속박층 및 자유층에 Co(15Å)을 삽입한 $[\text{Ni}(2.7\text{Å})/\text{Mn}(3\text{Å})]_{80}/\text{NiFe}(50\text{Å})/\text{Co}(15\text{Å})/\text{Cu}(25\text{Å})/\text{Co}(15\text{Å})/\text{NiFe}(100\text{Å})$ SV를 235 °C에서 8시간 열처리한 경우의 MR곡선으로, H_{ex} 는 감소하였으나 MR비는 2.8%로 증가한다. Fig. 4에서는 초격자 속박층 $[\text{Pt}/\text{Mn}]$ 을 사용한 $[\text{Pt}(3\text{Å})/\text{Mn}(5\text{Å})]_{40}/\text{NiFe}(50\text{Å})/\text{Cu}(25\text{Å})/\text{NiFe}(100\text{Å})$ SV가 as-grown 상태에서 MR비 1.2 %임을 보이고 있다.

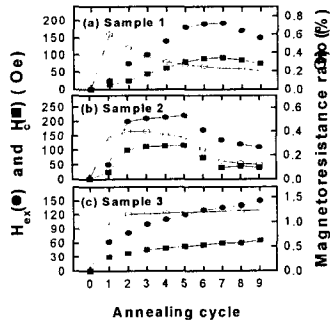


Fig. 1. Exchange coupling field (H_{ex}), coercive field (H_c), and magnetoresistance ratio versus annealing cycle for three samples of $[\text{Ni}(2\text{Å})/\text{Mn}(3\text{Å})]_{40}/\text{NiFe}(50\text{Å}, 70\text{Å}, \text{and } 100\text{Å})/\text{Cu}(30\text{Å})/\text{NiFe}(60\text{Å})$ films.

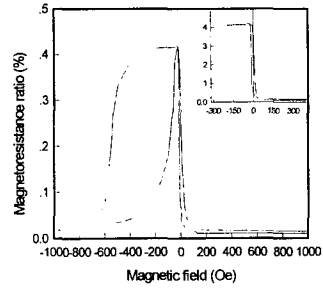


Fig. 2. MR ratio curve versus the magnetic field of $[\text{Ni}(2.7\text{Å})/\text{Mn}(3\text{Å})]_{80}/\text{NiFe}(60\text{Å})/\text{Cu}(30\text{Å})/\text{NiFe}(60\text{Å})$ spin-valves after thermal annealing for 1 hour at 240°C.

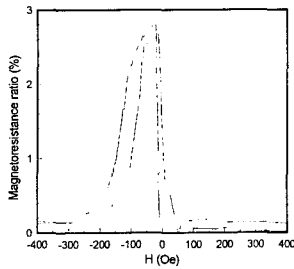


Fig. 3. MR ratio curve of $[\text{Ni}(2.7\text{Å})/\text{Mn}(3\text{Å})]_{80}/\text{NiFe}(50\text{Å})/\text{Co}(15\text{Å})/\text{Cu}(25\text{Å})/\text{Co}(15\text{Å})/\text{NiFe}(100\text{Å})$ SV after thermal annealing for 8 hours at 235°C.

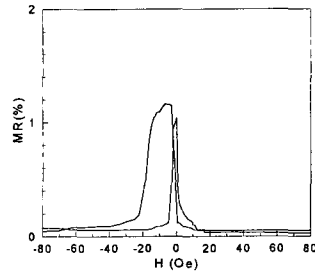


Fig. 4. MR ratio curve of $[\text{Pt}(3\text{Å})/\text{Mn}(5\text{Å})]_{40}/\text{NiFe}(50\text{Å})/\text{Cu}(25\text{Å})/\text{NiFe}(100\text{Å})$ spin valve as-grown.

4. 결 론

자기장 500 Oe를 가하여 200~240°C에서 진공열처리한 Ni/Mn 초격자 박막은 반강자성 특성을 보이는 fct 구조를 나타 내었고, 증착층수가 80회로 증가한 경우 교환결합력과 보자력은 증가하는 경향을 보였으며, 비자성층과 속박층 및 자유층 사이에 Co를 삽입한 경우 MR비의 증가를 가져와 계면 확산의 감소 효과가 나타났음을 알 수 있었다.

5. 참고문헌

- [1] T. Lin, D. Mauri, N. Staud, C. Hwang, J. K. Howard and G. L. Gorman, *Appl. phys. Lett.* **65**, 1183 (1994).
- [2] A. Mao, S. Gangopadhyay, N. Amin, E. Murdock, *Appl. Phys. Lett.* **69**, 3583 (1996).
- [3] A. P. Malozemoff, *J. Appl. Phys.* **63**, 3894 (1988).
- [4] Masarichi Saito, Naoya Itasegawa, Fumihito Koike, Hiroshi Seki, and Toshihiro Kuriyama, *J. Appl. Phys.* **85**(8), 4928 (1999)