

스핀밸브 박막 NiFe/CoFe/Cu/CoFe/NiFe/NiMn의 자기저항특성

숙명여대 이주현*, 전경인, 이나미, 김미양, 이장로
상지대 이상석, 황도근

Magnetoresistance of NiFe/CoFe/Cu/CoFe/NiFe/NiMn Spin-Valves

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

I. 서론

반강자성체(antiferromagnetic; AFM) NiMn을 pinning layer(속박층)으로 사용하는 spin-valve Film(SVF)는 높은 교환 결합력(exchange coupling field: H_{ex}) 과 높은 열적 안정성을 가지고 있어 관심의 대상이 되고 있으며[1] 이렇듯 이 SV는 H_{ex} 가 크고 높은 Blocking 온도(T_B), 양호한 부식저항력 그리고 생산단가면에서도 유익한 장점을 갖고 있다[2]. 그러나 NiMn이 반강자성을 띠는 AFM상을 갖게 하려면 고온진공열처리과정을 거쳐야 하는 단점이 있을 뿐만 아니라 열처리 과정을 통하여 SV의 GMR효과에 손상을 입혀 최적 열처리조건을 찾는 것이 큰 문제로 되어 있다.

본 연구에서는 Ni₂₅Mn₇₅ 합금을 이용한 NiFe/Cu/NiFe/NiMn SV구조에서 NiFe 층과 Cu 층 사이의 각각에 CoFe 층을 삽입한 경우의 SV를 Corning glass위에 dc스퍼터링 방법으로 제작하고, 후열처리를 통하여 세분화된 열처리 순환횟수에 따른 자기저항비(MR ratio), 속박층의 H_{ex} , 자유층의 층간 상호결합 자기장(interlayer coupling field ; H_{int}) 등에 관한 특성을 조사하여 삽입층이 Co인 경우와 비교해 보고자한다.

II. 실험방법

SVF 박막은 다중타겟 dc 스퍼터링 방법으로 초기진공도 1.5×10^{-6} Torr에서 Ar 부분압력이 5 mTorr, 증착율은 1.5~2.0 Å/s로 하여 연속적으로 유리기판에 증착한 NiFe(70 Å)/CoFe(10 Å)/Cu(35 Å)/CoFe(15 Å)/NiFe(35 Å)/NiMn (250 Å)/Ta(50 Å) 구조이다. 증착시 기판 평면과 나란한 방향으로 균일한 자기장 80 Oe를 걸어 주었고 NiMn 합금 타겟은 Ni₂₅Mn₇₅, 기판은 corning 7059를 사용하였다. 스퍼터링 후 속박층 NiMn과 고정층 NiFe 사이의 H_{ex} 을 유도하기 위해 진공도 5×10^{-6} Torr에서 일방향 이방성 자기장 500 Oe를 걸어주었고, 온도 220 °C에서 단계적으로 ~45시간까지 열처리하였다. 열처리 순환횟수의 조건은 온도 및 시간 프로그램용 조절장치를 사용하여 220°C까지 상승시간 1시간, 유지시간 3시간, 상온까지의 냉각 5시간으로 하였다. SVF 박막의 자기저항곡선은 상온에서 4 탐침법을 이용하여 측정하였다.

III. 실험결과 및 고찰

Fig. 1은 NiMn 합금 타겟을 사용하여 제작한 glass(7059)/NiFe_{70Å}/CoFe_{10Å}/Cu_{35Å}/CoFe_{15Å}/NiFe_{35Å}

/NiMn_{250A}/Ta_{50A} SV의 MR비, 피속박자성층 NiFe의 H_{ex} 와 H_c 의 열처리 순환횟수 의존성을 나타낸다. 여기서 H_{ex} 는 열처리 순환횟수 3회까지는 선형 증가하나 5회 이후 포화상태를 이루어 일정한 값 370 Oe를 유지하며, H_c 역시 3회 이후 160 Oe을 유지하며 45시간의 열처리에서도 열적 안정성을 나타내는 것을 알 수 있다. 또 MR비는 1회 열처리를 통하여 1.4%을 나타낸 후 열처리 순환횟수의 증가에 따라 서서히 감소하여 일정치로 안정화하는 경향을 보인다. MR비가 작은 것은 NiMn 합금 박막의 shunting 효과와 열처리 과정에서의 층간 내부확산 등이 그 원인으로 생각된다.

Fig. 2는 비자성 사이층 Cu두께가 35Å인 경우 자유자성층의 H_{inf} 와 H_{cf} 의 열처리 순환횟수 의존성을 나타낸 것으로 이 값들은 열처리 순환횟수의 증가에 따라 점점 증가하여 13회 이후에는 각각 90 Oe, 30 Oe 일정치로 안정화 된다. 13회까지 증가하는 것은 열처리 효과에 의해 CoFe 층과 Cu층의 계면 섞임 증대로 유효 Cu층 두께가 점점 감소하여 자유층과 피속박층의 상호교환결합이 증대되어 나타나는 결과이며, 그후 일정치를 유지하는 것은 더 이상의 계면 섞임이 없어 이 효과가 나타나지 않기 때문이라 생각된다.

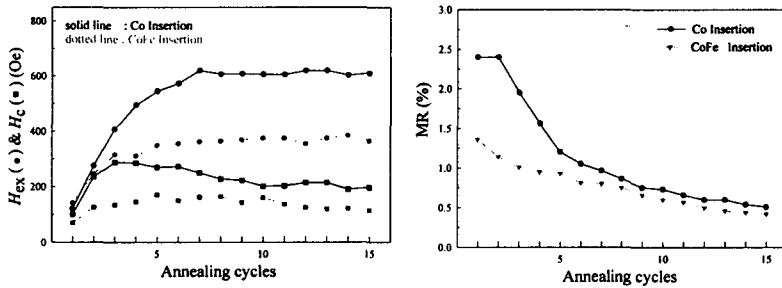


Fig. 1. Annealing cycle number dependence of H_{ex} , H_c and MR ratio for the spin valves.

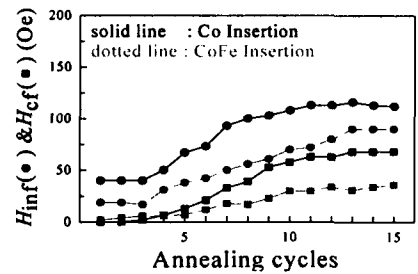


Fig. 2. Annealing cycle number dependence of H_{inf} and H_{cf} for the spin valves.

IV. 결론

1) SV의 H_{ex} , H_c , H_{inf} 및 H_{cf} 는 열처리 순환 횟수에 따라 증가하는 경향을 보이다가 끝내는 일정한 값을 유지하며, MR비는 서서히 감소하여 일정치로 안정화된다.

2) 세분화된 열처리 순환 횟수에 따른 자기저항 특성을 조사함으로써 최적 열처리 조건을 찾는 것이 가능하다.

3) 최적조건의 후열처리와 증착조건을 통하여 (111)면으로 형성된 NiMn 스핀-밸브 박막의 삽입층이 CoFe인 경우 H_{ex} 는 375 Oe로 Co인 경우에 비해 크게 못 미치나 MR head 스핀-밸브 소자로의 응용에 요구되는 300 Oe보다는 크며, H_{inf} 는 30 Oe로 상당히 작아지는 것을 알 수 있다.

V. 참고문헌

- [1] Y. Hamakowa, H. Hoshiya, T. Kawabe, Y. Suzuki, R. Arai, K. Nakamoto, M. Fuyama, and Y. Sugita, IEEE Trans. Magn. 32, 149 (1996).
- [2] S. Mao, S. Gangopadhyay, N. Amin, E. Murdock, Appl. Phys. Lett. 69, 3593 (1996).