

3중박막 NiFe/IrMn/CoFe에서 Mn 함유량에 의존하는 교환결합세기

삼지대학교 김보경*, 이진용, 함상희, 김순섭, 이상석, 황도근
 단국대학교 김선옥, 숙명여자대학교 이장로

Exchange coupling field of NiFe/IrMn/CoFe trilayer depending on Mn composition

Sang-Ji University B.K. Kim*, J.Y. Lee, S.H. Ham, S.S. Kim, S.S. Lee, D.G. Hwang
 Dankook University S.W. Kim, Sookmyung Women's University J.R. Rhee

The magnetic and thermal properties of NiFe/IrMn/CoFe with Mn additions have been studied. As grown CoFe pinned-layers with IrMn-Mn have dominantly larger exchange biasing field(H_{ex}) and blocking temperature(T_b) than when pure Ir₂₂Mn₇₈ is used. The magnetic properties improve, H_{ex} and T_b improve with 77-78 vol% Mn, but drop considerably with more Mn additions, losing magnetic properties of the NiFe/IrMn/CoFe with addition 0.6 vol % Mn. The average x-ray diffraction peak ratios fcc (111)CoFe of (111)IrMn₃ textures for the Mn inserted total vol of 75, 77, and 79 vol% were about 1.4, 0.8, and 0.6, respectively. For the sample without Mn inserted layer, the H_{ex} between Ir₂₂Mn₇₈ and CoFe layers is almost nothing. For two multilayer as-grown samples with ultra-thin Mn layers of 77 vol % and 79 vol %, the H_{ex} s are 250 Oe and 150 Oe, respectively. In case of IrMn with 77.5 vol% Mn, the H_{ex} was 444 Oe up to 300 °C endured of 363 Oe at 400 °C, respectively. Mn additions improve the magnetic properties and thermal stabilities of NiFe/IrMn/CoFe. Those increase the H_{ex} and T_b . In applications where higher H_{ex} and T_b are accept, proper concentrations of Mn can be used.

Mn 합금형태의 반강자성체 물질인 IrMn은 열처리 전과 후에 교환결합세기를 400 Oe 이상 쉽게 얻을 수 있다. IrMn 스핀밸브나 터널링 접합 소자는 높은 교환결합세기와 우수한 열적안정성으로 인하여 자기센서로서 실용화하기에 이르렀다. Mn이 계면의 이웃층으로 확산이 왕성하므로 자성층의 종류에 따라 교환결합세기의 변화에 심각한 영향을 주게 된다. 더욱이 열처리시에 일어나는 Mn 확산 및 이동을 통해 이웃층의 계면 손상과 자기 수송 특성을 완화 내지 손상시키는 중요한 요인으로 밝혀져 있다. 열처리 전과 후에 따른 자기적 특성의 변화가 비교적 큰 IrMn에서 Mn 성분에 따른 fcc 결정성 및 교환결합세기의 변화를 상세히 관찰함으로써 Mn 확산에 의한 반자성층의 Mn 결핍 또는 상변화를 극-초박막 Mn층 삽입으로 보상효과를 이용하여 교환결합세기 강화 및 열적안정성을 향상시킨 실험결과를 소개한다.

박막은 이온빔 증착(ion beam deposition; IBD) 스퍼터링 시스템을 이용하여 상온에서 제작하였다. 기본 진공도가 6×10^9 Torr, 아르곤 가스 분압은 0.1 mTorr로 하였고, 타겟 Ta, Ni₈₀Fe₂₀, Ir₂₂Mn₂₈, Mn, Co₇₅Fe₂₅의 증착율은 각각 0.25, 0.20,

Table-1. Atomic, weight, volume percent of Ir: Mn and sheet resistance $R_s(\Omega)$ changes depending on the inserted Mn layer thickness.

Inserted Mn tick (Å)		0.0	0.3	0.45	0.6	0.9	1.2	1.5	1.8
Atomic %	Ir	21.84	21.25	20.96	20.66	20.07	19.48	18.89	18.30
	Mn	78.16	78.75	79.04	79.34	79.93	80.52	81.11	81.70
Weight %	Ir	49.44	48.55	48.10	47.65	46.76	45.87	44.97	44.08
	Mn	50.56	51.45	51.90	52.35	53.24	54.13	55.03	55.92
Volum % (vol%Mn)		75.57	76.22	76.54	76.86	77.50	78.11	78.73	79.32
Sheet resistance $R_s(\Omega)$		102.15	102.9	105.3	99.78	96.49	97.18	95.83	91.01

0.20, 0.1, 0.25 Å/s 이었다. 증착 중에 일축 이방성을 유도하기 위한 자기장의 크기는 350 Oe이었다. 전형적인 박막구조는 glass/Ta(50Å)/Ni₈₀Fe₂₀(60Å)/Ir₂₂Mn₇₈(100Å)-Mn/Co₇₅Fe₂₅(40Å)/Ta(50Å)이다. Mn 첨가는 IrMn(5Å)과 Mn(단원자층 이하의 두께 0.3-1.8 Å)로 번갈아 증착하는 적층 형태로 유리기판 (코닝 #7059) 위에 20층의 [IrMn/Mn]₂₀ 초격자형 다층박막 구조로 하였다. 저 [IrMn/Mn]₂₀ 다층박막에서 극-초박막 Mn 삽입에 의한 FeMn 합금 박막을 EDAX 조사된 원자 조성비와 4-단자 법으로 측정한 표면저항 (*R_s*) 값들을 표-1에 나타내었다. 열처리 전후의 특성을 조사하기 위해 각 시료에 대한 열처리는 1.0×10⁻⁶ Torr 진공과 1 kOe 자기장 하에서 원하는 열처리 온도에 2 시간씩 머물렀다.

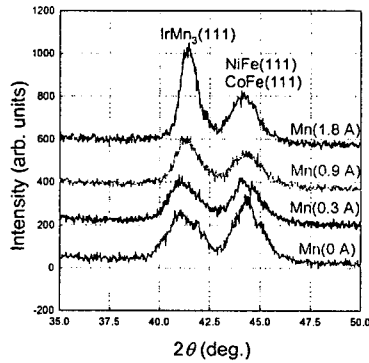


FIG. 1. XRD patterns for the glass/Ta(50Å)/Ni₈₀Fe₂₀(60Å)/[IrMn(5Å)/Mn(t)]₂₀/CoFe(40Å)/Ta(50Å): Mn (t=0, 0.3, 0.9, 1.8 Å)

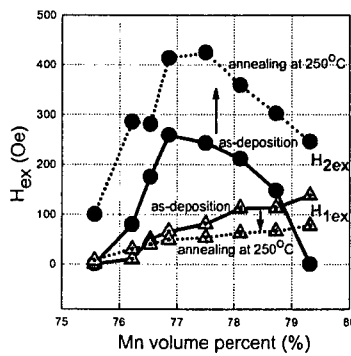


FIG. 2. Exchange coupling fields *H_{1ex}* and *H_{2ex}* for the glass/Ta(50Å)/NiFe(60Å)/[IrMn(5Å)/Mn(t)]₂₀/CoFe(40Å)/Ta(50Å) films as a function of the volume percent of Mn(t).

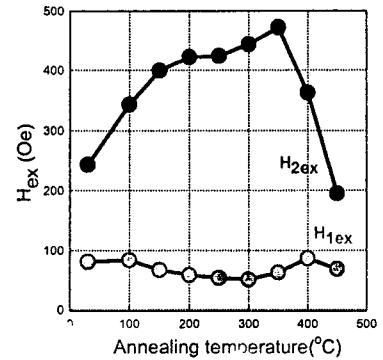


FIG. 3. Annealing effects of *H_{1ex}* and *H_{2ex}* for the glass/Ta(50Å)/NiFe(60Å)/[IrMn(5Å)/Mn(0.9Å)]₂₀/CoFe(40Å)/Ta(50Å) films.

상온에서 증착한 glass/Ta(50Å)/NiFe(60Å)/[IrMn/Mn]₂₀/CoFe(40Å)/Ta(50Å) 다층박막에 대한 x-선 회절 분석결과와 교환결합세기는 Mn층의 삽입 양에 크게 의존함을 알 수 있었다. 그림-1에 나타난 (111)IrMn₃ 결정 피크는 Mn층이 두께 증가함에 따라 0.7에서 2.0배로 (111)NiFe 보다 우세하였다. 또한 표-1에 나타난 Mn층의 삽입 두께 양을 vol%로 하였을 때, 열처리 전 후 시료의 bottom(NiFe/IrMn; *H_{1ex}*)층 과 top층(IrMn/CoFe; *H_{2ex}*)층에 유도된 *H_{ex}*의 Mn 함유량에 대한 의존성을 그림-2에 비교하였다. 증착된 시료에서 *H_{1ex}*는 Mn을 삽입할수록 점진적으로 증가하였고, *H_{2ex}*는 Mn이 약 77 vol%일 때가 가장 컸다. 이 박막을 250°C로 열처리하였을 때 *H_{1ex}*는 전체적으로 감소하지만 *H_{2ex}*는 77.5 vol%Mn에서 425 Oe까지 증가함을 보여 주었다.

그림-3은 77.5 vol% Mn 시료에 대해 열처리 온도에 교환결합세기의 변화를 관찰한 결과이다. 상부 IrMn/CoFe층의 교환결합세기는 350 °C까지 475 Oe로 증가하다가 400 °C에서 200 Oe로 감소하였다. 반면에 하부 NiFe/IrMn층의 교환결합세기는 450 °C 까지 60~100 Oe로 큰 변화가 없이 안정한 값을 유지하는 경향을 보여 주었다. 이러한 결과로 볼때 산란하는 정도가 강한 Mn 원자는 주로 결정 조직의 결함이 생성되고 치밀도가 약해 날알 경계로 빠른 Mn 확산 이동 효과가 상부 CoFe층의 자성특성의 향상 내지는 저하에 영향을 주고있다고 사료된다. 또한 향상된 교환결합세기와 400 °C 이상의 blocking 온도로 우수한 열정안정성을 보여 주는 IrMn의 반강자성체 특성을 얻을 수 있었다.