

이온빔 에칭에 의한 Ta/NiFe/FeMn 의 교환결합력 조사

Chungnam Uni'ty, S. M. YOON*, J. J. LIM, Y. W. LEE, C. G. KIM, C. O. KIM

1. 서론

본 연구에서는 Kaufman type ion source를 장착한 Ion milling system을 사용하여 Si 기판위에 증착된 Ta/NiFe/FeMn 다층박막에서 상부 FeMn 표면층을 이온 빔 에칭하여 각각의 교환바이어스 현상을 진동 샘플형 자력계(VSM)을 이용하여 조사하고, 상부 FeMn층의 표면을 Ar 이온 빔 에칭 할 때 이온 가속 전압에 따른 교환결합력을 비교 분석 하고자 한다.

2. 실험방법

시편은 RF 마그네트론 스퍼터 장치를 사용하여 Si(100)//Ta(50Å)/NiFe(100Å)/FeMn(200Å) 구조로 시편을 제작하였다. 증착 전 진공도는 2×10^{-7} Torr 이하로 유지하였고 스퍼터링 가스로는 고순도 Ar를 이용하였다. 증착시의 분압은 1 mTorr로 일정하게 유지하였고, Ar 유량은 0.6 sccm으로 하였다. 기판은 Si(100) wafer를 이용하였다. 에칭에 사용한 Ion milling system은 입구 너비가 6 cm 인 Kauffman type ion gun을 장착하였으며 에칭을 위하여 Ar 가스를 이용하였다. 에칭 공정에서 기본 진공도는 5×10^{-6} Torr 이하였으며 Ar 가스 압력은 3×10^{-4} Torr로 고정하였다. 에칭 공정에서는 균일한 에칭을 위하여 샘플을 5 rpm으로 회전시켰다. 에칭 조건에 따른 FeMn 박막의 자기적 특성인 교환결합력(H_{ex}), 보자력(H_c)을 분석하기 위해서 VSM (Vibrating Sample Magnetometer)을 이용해 상온에서 측정하였다. 결정 및 표면 분석을 위해 XRD (X-ray diffraction)과 AFM (Atomic Force Microscope)을 사용하였다.

3. 실험결과 및 고찰

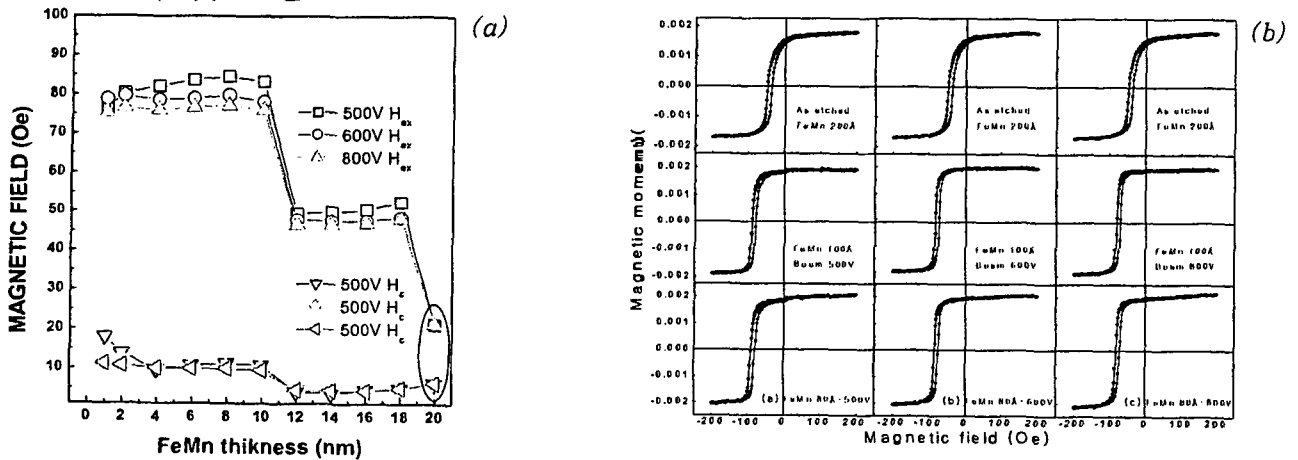


그림 1. (a) The coercive field and exchange coupling field of the Si(100)//Ta(50Å)/NiFe(100Å)/FeMn(etched tÅ). FeMn layer was etched at 500V ~ 800V in IBE. (b) The variation hysteresis loop of Ta(50Å)/NiFe(100Å)/FeMn(80Å). FeMn layer was etched at (a) 500V, (b) 600V, (c) 800V voltage in IBE.

그림1 은 Ta(50Å)/NiFe(100Å)/FeMn(200Å) 시편의 FeMn 증착 후 표면 에칭에 따른 M-H곡선, 교환결합자계(Hex) 및 보자력(Hc)의 변화를 보여준다. 에칭 빔 에칭시 빔의 입사 각도는 20도이고 빔의 current를 20mA로 했을 때 이온 빔 voltage가 500V 일때 최대 Hex를 보이고 에칭시간이 증가할수록 증가하고 있다. 상부 FeMn(200Å)을 20Å씩 에칭해 나갈때 첫 에칭후 FeMn 두께가 180Å에서 교환결합력이 급증하였고, FeMn 두께가 100Å이 되기 전까지는 서서히 감소하나 FeMn 두께가 100Å이 되면서 다시 급증하였다. 보자력은 FeMn 두께 120Å 때까지는 서서히 감소하다가 두께 100Å에서 증가하였다.

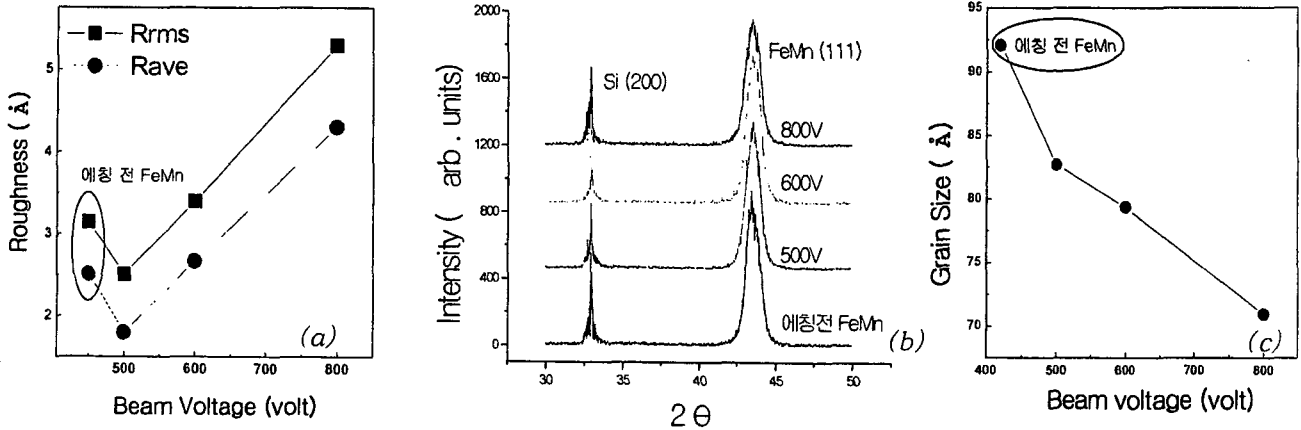


그림 2. (a) Variation of surface roughness with etching voltage. (b) XRD patterns of FeMn layer etched various beam voltage in IBE. (c) Grain size variation of FeMn layer as a function of voltage condition in IBE.

이러한 변화의 원인을 파악하기 위해서 voltage별로 에칭된 FeMn의 표면 분석을 행하였다. 그림2-(a)는 Ta(50Å)/NiFe(100Å)/FeMn(tÅ) 시편에서 voltage별 에칭에 따른 거칠기의 변화를 기록한 것이다. FeMn의 거칠기는 500V에서 1.8Å의 Rave를 보였으며, 800V에서 가장 큰 거칠기를 나타내었다. FeMn 표면 에칭에 의한 FeMn과 NiFe간의 교환결합력은 FeMn 표면의 거칠기와 두께의 변화에 의해 증가하였다. 그림 2-(c)는 FeMn 표면의 에칭조건에 따른 결정립 크기의 변화를 나타낸 것이다. 그림2-(b)에서 XRD 피크의 FWHM(Full Width Half Maximum)값을 이용하여 Scherrer 방정식으로 계산하였다. 에칭voltage가 500V 일 때 FeMn의 결정립 크기가 가장 크다. 반강자성체의 결정립의 크기가 JkA/K (Jk :교환결합에너지, A :계면적, K :자기이방성 상수)의 값보다 커지게 되면 반강자성체의 sublattice가 cluster내의 스핀을 강하게 구속시켜 교환결합력을 증가시키고 결정립의 크기가 JkA/K 보다 적을 경우에는 반강자성체가 초상자성 거동을 하므로서 교환결합력이 감소되는 것으로 판단된다. 에칭voltage에 의한 거칠기의 변화와 더불어 결정립의 크기의 변화가 교환결합력과 보자력에 영향을 끼치는 것으로 보인다.

4. 결론

본 연구에서는 Ta(50Å)/NiFe(100Å)/FeMn(200Å)시편에서 증착후 상부 FeMn 에칭에서 이온 빔 가속 정도가 교환이방성에 미치는 원인을 구조적 관점에서 분석하였다. FeMn 증착후 500V 표면 에칭시 최고 84.6Oe의 교환결합 자기장을 얻었다. XRD 및 AFM 측정결과 반강자성체인 FeMn의 표면에칭에 의한 교환결합력과 보자력의 증가는 FeMn의 결정립과 표면 거칠기의 감소와 물리적 에칭에 의한 결합의 발생으로 생기는 자구의 이동에 기인한다고 사료된다.