

Fe 박막의 비가역 자화과정과 자기이력 현상 연구

한양대학교 물리학과 김정기, 한경훈*
 한양대학교 금속재료학과 이재성

A Study on incoherent Magnetization processes and Hysteresis phenomenon of Fe thin films

Hanyang University Physics J. G. KIM, K. H. HAN*
 Hanyang University Metallurgy & Materials Sci. J. S. Lee

1. 서 론

미세결정구조를 갖는 자기이력에 관한 연구는 자성물질의 개발과 응용에 매우 중요한 정보를 제공한다. 이런 미세구조를 가진 자성 박막인 경우 박막의 두께, 결정구조, 입자크기, 그리고 표면과 계면간의 거칠기와 같은 박막의 매개변수들은 보자력, 자기이방성, 그리고 자화과정과 같은 자기적성질에 영향을 끼치는 것으로 알려져 있다[1]. 이들 매개변수들 중에서 자화과정은 표면과 계면간의 거칠기 또는 입자크기의 증가 정도에 따라서 자화회전에서 자구벽운동으로 변화한다. 그러므로 자기이력곡선은 자구벽에 의한 비가역 과정과 자구내에 국소적으로 존재하는 자화벡터에 의한 가역과정 간의 관계를 모두 설명할 수 있다. 본 연구의 목적은 DC 스퍼터링 방법으로 제작된 Fe 박막에 대한 자화과정을 Stoner-Wohlfarth 모형을 써서 분석하였다. 실험에서 구한 각도 변화에 따른 보자력과 자기이력곡선에 적절한 모델을 적용하여 미세구조를 가진 자기적성질의 자화과정을 관찰 하고자 하였다.

2. 실험방법

Fe와 박막은 DC Magnetron Sputtering 방법을 사용했으며, 기판은 Pyrex 7740유리기판 사용하여 8mm 원형모양으로 증착하였다. 이때 Fe target은 순도99.995%인 Fe를 사용하였고, 초기 진공 turbo molecular pump로 1×10^{-6} Torr 이하를 유지하였고, 알곤가스는 mass-flow-controller(MFC)를 통해 chamber 내의 압력을 1.0 mTorr 를 유지하였다. 기판온도는 상온과 할로겐 램프를 써서 400°C 온도로 유지하면서 증착하였다. 제조한 시료의 결정구조 조사는 Rigaku Co., Japan 제품의 X선 회절기(model명 ; CN2029 D/MAX-IA)로 상온에서 X선 회절상을 얻었다. 시료의 자기적 성질을 측정하기 위해 Lakeshore의 진동 시료 자력계 (Vibrating Sample Magnetometer) 사용하였다. 각도의존 보자력 측정을 위해 인가자장에 대해 시료의 in-plane 방향에서 out-plane 방향까지 회전하여 측정하였다.

3. 실험결과 및 고찰

Incoherent 과정의 강자성체 자기이력곡선을 분석하기 위해 Nowak[2]에 의해서 보완된 Stoner-Wohlfarth 모형은 외부 자기장 방향에 대해서 수직과 수평 성분을 가진 internal field를 도입했고, 자구내에서 비롯되는 internal field를 S-W 모형에 추가하여 자기이력곡선을 묘사했다. Fig. 1은 상온에서 증착된 Fe 박막의 두께별 자기이력곡선이며, 실선은 변형된 Stoner-Wohlfarth 모형으로 분석한 결과이다. 또한 Fe 박막의 자화반전기구는 critical field에 의한 보자력(H_C)과 잔류보자력(H_R)의 각도의존성의 함수[3]로서 조사하였다. 이때 Bloch wall의 pinning에 의한 자구벽운동과 자기적 표면연성과정(surface softening processes)에 의한 incoherent인 가역과정에 대해서 조사했다.

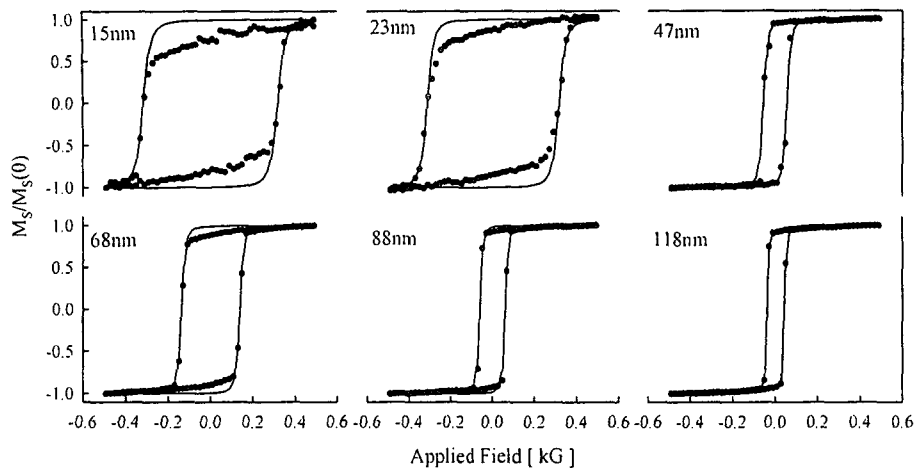


Fig. 1. Hysteresis curves as a function of film thickness for Fe-films deposited at 400°C and results of fitting the modified Stoner-Wohlfarth model(solid lines)

4. 결 론

자기이력곡선의 현상을 지배하는 중요한 인자를 구하기 위해 internal field에 의해서 수정된 Stoner-Wohlfarth 모형을 도입하였다. 그 결과 본 모형에서의 internal field는 자기이력곡선 현상과 incoherent 회전을 잘 설명할 수 있었다. 박막두께와 기판온도 변화에 따른 자화과정은 외부 인가자기장과 박막 면간의 각도 함수로 측정된 보자력에 의해서 관측하였고, 보자력의 각도의존성의 분석결과, 실험값은 coherent 회전기구에 의한 the nucleation 모형과 $1/\cos\theta$ 로 표시되는 wall pinning 모형과는 잘 일치하지 않으나, 자기적 표면연성과정(magnetically surface softening process)에 의한 nucleation 모형과는 잘 일치함을 보인다. Fe 박막의 전기적 특성인 전기비저항을 전자산란효과로 설명하였다.

5. 참고문헌

- [1] C. H. Chang and M. K. Kryder, J. Appl. Phys. 75, 6864(1994).
- [2] J. Nowak, J. Appl. Phys. 72, 1490(1992).
- [3] V. Christoph and K. H. Müller, J. Magn. Magn. Mater. 101, 323(1991).