

Tb/Fe 다층박막에서의 sublayer간 자기적 상호작용에 관한 연구

육군사관학교 물리학과 정진덕
고려대학교 금속공학과 이성래·김상록*

A Study on the Magnetic Interaction between Sublayers for Tb/Fe Multilayers

Dept. of Physics, Korea Military Academy, J.D.Chung
Dept. of Metallurgical Engineering, Korea Univ., S.R.Lee, S.R.Kim*

1. 서론

Tb/Fe 다층박막은 TbFe 비정질 다층박막에 비하여 큰 수직이방성 에너지 등, 우수한 자기적 성질을 가지며¹⁾ 또한 이러한 성질들의 제어가 가능하리라는 기대 때문에 광자기 기록재료로서 관심을 끌고 있다. 그러나 TbFe 비정질 합금박막의 자기적 상태 및 교환 상호작용에 대해서는 M.Mansuripur²⁾에 의하여 연구되었으나 Tb/Fe 다층박막에 대해서는 아직 연구가 이루어지지 않고 있으며, 또한 증착된 박막의 sublayer 구성을 확인할 수 있는 방법도 없었다.

따라서 본 연구에서는 진공증착 방법으로 제작된 Tb/Fe 다층박막에 대하여, 토오크 자력계를 이용하여 수직이방성 에너지, 포화자화를 측정하고 이들 data로부터 Tb 및 Fe 각 sublayer의 자기적 상태를 분석하며 각 원자쌍의 교환 상호작용 상수를 구하였고, 또한 구하여진 교환 상호작용 상수를 이용하여 sublayer의 구성을 추정하였다.

2. 실험 방법

rotary solenoid actuated shutter가 장착되어 있는 자동제어 동시 열 진공증착 장치를 사용하여 각 sublayer의 두께를 변화시키면서 Tb/Fe 다층박막을 제작하였으며, 제작된 시편에 대하여 Miyajima³⁾ 방식을 이용한 토오크 자력계를 사용하여 수직이방성 에너지 K_u 와 포화자화 M_s 를 측정하였으며 Hall 효과 측정 장치를 사용하여 Hall 이력곡선을 작성하였다. 측정된 포화자화값을 이용하여 각 sublayer내 원자들의 magnetic moment를 구하여서 각 sublayer의 자기적 상태를 분석하였고, 원자들의 spin 값으로 평균자기장 분석^{2,4)}을 하여 Fe-Fe, Fe-Tb, Tb-Tb 원자쌍의 교환상호작용 상수 J_{Fe-Fe} , J_{Fe-Tb} , J_{Tb-Tb} 를 구하였다. 또한 Fig.1에서와 같이 bilayer는 각각 Fe와 Tb 원자만으로 이루어진 Fe 및 Tb sublayer와 두 sublayer 사이에서 Tb 원자와 Fe 원자로 혼합되어 있는 mixed layer로 구성되어 있다고 가정하고, 측정된 포화자화 및 구하여진 교환 상호작용 상수를 이용하여 각 시편의 bilayer 구성과 mixed layer 내의 Fe 원자와 Tb 원자의 구성비를 추정하였다.

3. 실험 결과 및 고찰

평균자기장 분석에 의하여 구한 Fe-Fe, Fe-Tb, Tb-Tb 원자쌍의 교환 상호작용 상수 J_{Fe-Fe} , J_{Fe-Tb} , J_{Tb-Tb} 는 각각 9×10^{-15} , -0.2×10^{-15} , 0.2×10^{-15} erg로서 TbFe 비정질 합금박막의 경우에 대하여 Mansuripur가 보고한 값과 비교할 때 J_{Fe-Fe} , J_{Tb-Tb} 는 비슷하나 J_{Fe-Tb} 는 다층박막의 경우가 비정질 합금박막의 경우에 비하여 약 1/5 정도로 작았다. 이것은 다층박막의 경우에는 계면에서의 이종원자 결합시 이종 원자간의 거리가 비정질 합금박막의 경우와는 다르기 때문인 것으로 사려된다. 또한 구하여진 교환 상호작용 상수를 이용하여 각 시편의 sublayer 구성을 조사한 결과, 계면에 mixed layer가 존재한다는 가정과 잘 일치하였다. 그리고 Fig.2(b)에서 보는 바와 같이 12Å-Tb/9.5Å-Fe에서 비정상 Hall 이력곡선이 측정되었는데 이것은 두 가지 다른 이력곡선이 합해진 것으로서 다층박막내에 각기 다른 자기적 성질을 갖는 두 층이 존재하고 있는 것으로 사려된다.⁵⁾

4. 결론

1) 다층박막의 교환 상호작용 상수 중 J_{Fe-Fe} , J_{Tb-Tb} 는 비정질 합금박막과 같으나 J_{Fe-Tb} 는 약 1/5 정도로 작았다.

2) 구하여진 교환 상호작용 상수를 이용하여 bilayer의 구성을 조사한 결과 model의 가정 및 실험치와 잘 일치하였다.

3) 비정상 Hall 이력곡선이 측정되었으며 이것은 두가지 다른 자기적 성질을 가진 이력곡선의 합으로 사려된다.

5. 참고 문헌

- 1) N.Sato, J.Appl.Phys., 59 (7) 2514 (1986)
- 2) M.Mansuripur and M.F.Ruane, IEEE Trans.Mag., 22 (1) 33 (1986)
- 3) H.Miyajima et. als., J.Appl.Phys., 47 (10) 4669 (1976)
- 4) A.Gangulee and R.J.Kobliska, J.Appl.Phys., 49 (9) 4896 (1978)
- 5) T.Kobayashi et. als., Jap.J.Appl.Phys., 20 (11) 2089 (1981)

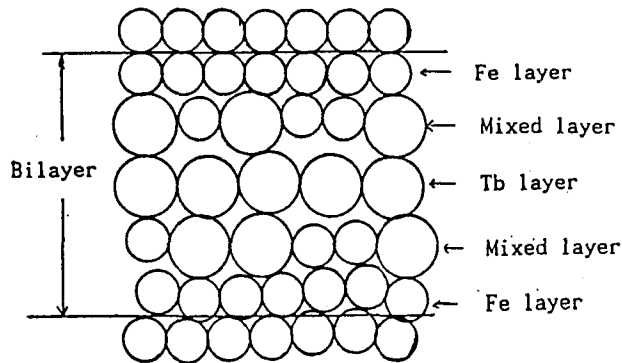


Fig.1 A schematic diagram for the constitution of Tb/Fe bilayer.

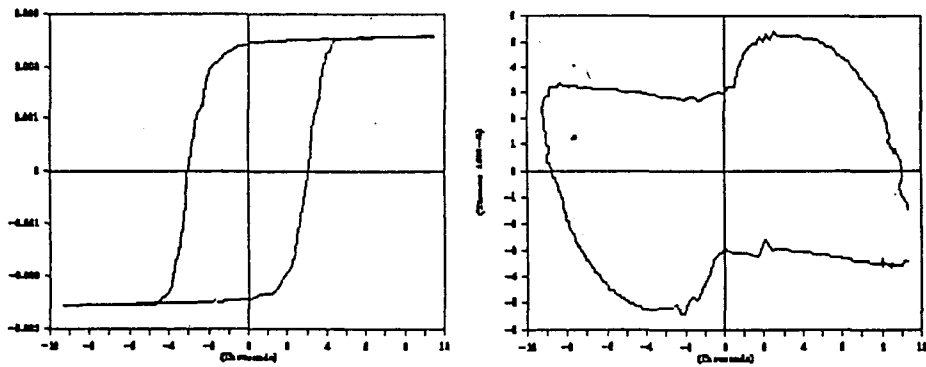


Fig.2 Hall hysteresis loops for (a)8Å-Tb/8.6Å-Fe and (b)12Å-Tb/9.5Å-Fe multilayers.