

Miscut Si(111) 에 증착된 자성 박막의 이상 자기 이방성

한국과학기술연구원 박막기술연구센터 *배승영·신경호

Unusual Magnetic Anisotropy in Magnetic Thin Film on Miscut Si(111)

Thin Film Technology Research Center, Korea Institute of Science and Technology

*Seung-Young Bae and Kyungho Shin

I. 서론

자성 박막에서의 자기 이방성은 응용 자기 소자의 특성을 지배하는 중요한 인자일 뿐만 아니라 학문적으로도 대단히 흥미로운 분야이다. 특히 원자 레벨의 표면 step 을 갖는 기판위에 성장된 자성 에피탁시 박막은 이상 자기 이방성을 보이는 것으로 보고되고 있다. 예컨대 Cu 를 하지층으로 하여 4° miscut Si(111)상에 증착된 Co 의 에피탁시 박막 (Co(111)[110]//Cu(111)[110]//Si(111)[112])은 결정 방향과 무관하게 단일 축 이방성을 나타내는데, Sussiau 등은 이를 Si(111) 표면의 (7×7) 재구성에 따른 step bunching 및 이에 따른 bicrystal 의 형성으로 설명하였다[1]. 한편, Albrecht 등은 Néel 의 pair-bonding 모델을 발전 시켜 원자 레벨의 step 을 갖는 Ni(111) 및 Fe(110) 표면의 자기 이방성을 설명하였다[2].

본 연구에서는 4° miscut Si(111) 기판위에 무배향 다결정의 Co 박막 (10~50 nm)을 성장시켜 에피탁시 박막과 유사한 자기 이방성을 보임을 확인하였다. 이러한 자기 이방성은 기존의 제시된 모델로는 설명이 불가능하므로, 타당한 자기 이방성 발현 기구를 검토해 보았다.

II. 실험방법

10~50 nm 두께의 Co 박막은 이온 빔 증착법을 이용하여 5 nm 의 Cu 하지층과 함께 4° miscut Si(111) 기판위에 증착하였다. 사용된 Si(111) 기판은 통상의 RCA 법으로 세척하고 50H₂O-1HF 의 BOE 로 자연 산화막을 제거한후 다시 탈이온수에 1 시간 정도 보관하였다. 이렇게 함으로써 표면의 step 구조를 유지한 채 약 30 Å 정도의 산화막을 형성시킴으로써 다결정 박막을 증착을 유도할 수 있었다. 증착된 박막은 TEM, VSM, Torque Magnetometer 등으로 분석하였다.

III. 결과 및 고찰

Figure 1 에 증착된 박막 (Co(50 nm)/Cu(5 nm)/Si(111))의 cross sectional TEM 사진을 나타내었다. Si 과 Cu 의 계면에 약 30 Å 의 비정질 SiO₂ 막이 확인되며, 높이 약 10 Å, 주기 약 800 Å 의 step 구조가 상층의 Co/Cu 계면까지 유지됨을 알 수 있다. 한편

SAD pattern 의 Co(111) 회절이 ring pattern 으로 나타난 것으로부터 Co 가 무배향 다 결정으로 증착되었음을 확인할 수 있다.

Figure 2 에 동일 박막의 자기 히스테리시스를 나타내었는데, step 에 평행한 방향이 easy axis 임을 쉽게 확인 할 수 있다. 이는 유사한 조건에서 증착한 에피택시 박막의 자기 이방성과 유사하여 기존의 보고된 자기 이방성은 결정 배향과는 무관함을 보여주고 있다. 특이한 점은 hard axis 방향의 자화 곡선으로, 자화과정은 domain rotation 에 의한 전형적인 (H_{sat} 이 큰) 자화과정을 나타내고 있는데 반해, 자화 반전은 대단히 좁은 자장 범위에서 일어나고 있다. 이는 hard axis 의 경우 domain flip 에 의한 자화반전이 이루어짐을 시사하고 있다. 한편 자기 이방성의 크기는 Co 박막의 두께가 감소할수록 증가하는 경향을 보여준다.

이러한 결과로부터, 원자 레벨의 step 을 갖는 기판에 성장된 자성 박막의 자기 이방성은 기존의 모델과는 달리 macro level 의 형상 자기 이방성이나 step 의 roughness 에 기인한 magnetostatic coupling (dipole interaction) 이 중요한 기여를 하는 것으로 생각된다.

참고문헌

- [1] M. Sussiau, F. Nguyen-Van-Dau, P. Galtier and A. Schuhl, *Appl. Phys. Lett.* **67** 857-859 (1996)
- [2] M. Albrecht, T. Furubayashi, M. Przybylski, J. Korecki and U. Gradman, *J. Magn. Magn. Mater.*, **113** 207-220 (1992)

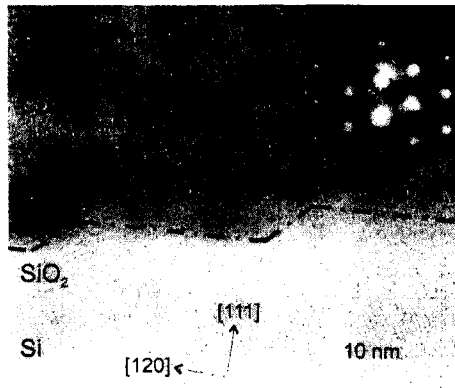


Figure 1: Cross sectional TEM image of Co(50 nm)/Cu(5 nm)/Si(111)

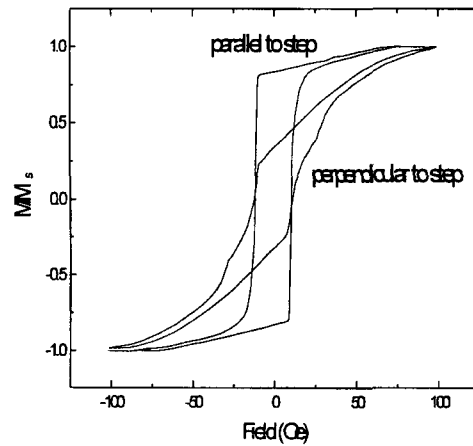


Figure 2: In-plane magnetic hysteresis of Co(50 nm)/Cu(5 nm)/Si(111)