

이온빔 증착법으로 제작한 수직자기이방성 [Co/Pt]×5 다층박막의 열적안정성

김미선, 이진용, 최종구, 황도근, 이상석
상지대학교, 컴퓨터전자물리학과

수직자기이방성을 갖는 [Co/Pt]×5 다층박막을 상온에서 이온빔 증착(ion beam deposition)법으로 제작하여 자기적 및 열적 특성을 연구하였다. 수직자기이방성 특성은 비정상 홀(Hall)-전압법으로 측정하였으며, 표면광 Kerr 효과로 확인하였다. [Co(10 Å)/Pt(12.5 Å)]×5 다층박막에서 수직자성 보자력은 400 Oe이었고 수평자성은 매우 큰 곤란축(hard-axis) 특성을 유지하였다. 진공 열처리 시 1 kOe의 균일한 자기장이 박막면 수평(시료 A)과 수직(시료 B)이 되도록 각각 인가함에 따라 열적안정성을 관찰하였다. 시료 A의 수직자성의 보자력이 300 °C에서 1 kOe로 유지되어 시료 B의 열적안정성 보다 훨씬 우수하였다.

주제어: [Co/Pt]×5 다층박막, 수직자기이방성, 비정상 홀-전압, 보자력, 열적안정성

I. 서론

지금까지 스핀밸브(spin valve; SV) 소자와 자기터널접합(magnetic tunnel junction; 소자에 관한 모든 연구들은 수평자화인 면상(in-plane) 자화를 갖는 시스템에서 이루어졌다. 단지 소수의 논문들이 수직자기 이방성(perpendicular magnetic anisotropy; PMA)을 나타낸 시스템에서 전기수송 특성들에 관한 연구가 보고되었다. PMA를 갖는 다층박막을 이용한 SV나 MTJ들은 실제로 자기메모리(MRAM), 읽기 헤드(read head) 혹은 자기 센서 등에 매우 유용할 수 있다. 현재까지는 PMA를 갖는 단지 두 개의 교환결합 시스템이 연구되어왔다. 그 예로서 TbCoGd(광자기 박막)와 CoPt/FeF₂ 그리고 (Pt/Co)_n/CoO이다. 두 시스템에서 교환결합은 단지 상온 아래에서 존재하고, 이러한 두 시스템을 제작함에 있어서 기술적인 응용이 적합하지 못하다. 한편 [Co/Pt]와 [Co/Pd] 다층박막의 경우는 우수한 수직자성을 나타내기 때문에 광자기 박막 기록매체뿐만 아니라 수직자성을 이용한 자기저항센서로서 적합할 수 있다. 본 연구에서는 수직자기이방성을 갖는 [Co/Pt]×5 다층박막을 상온에서 이온빔 증착 법으로 제작하였다. 진공중 박막면 (in-pane) 그리고 면에 수직 (out of plane)으로 인가한 자기장에 따른 그 열적안정성을 고찰하였다.

II. 실험방법

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 Si, Co, Pt의 증착율은 각각 0.1, 0.2, 0.3 Å/s 이었다. 증착 중에 일축 이방성을 유도하기 위한 자기장의 크기는 350 Oe이었다. 전형적인 다층박막 구조는 glass/Si(50

Å)/Pt(12.5 Å))/[(Co 10 Å)/Pt(12.5 Å)]₅ 이다. 열처리 전후의 특성을 조사하기 위해 각 시료에 대한 열처리는 1.0×10^{-6} Torr 진공과 박막면과 수평 또는 수직면으로 각각 인가한 1 kOe 자기장 하에서 열처리 온도에 1 시간씩 머물렀다.

III. 실험결과 및 분석

그림-1은 glass/[Co(10 Å)/Pt(12.5 Å)]₅ 다층박막에서 반강자성체 NiO 두께에 따른 얻은 여러 가지 비정상(extraordinary) 홀(Hall) 효과를 HNA (normalized Hall amplitude)으로 측정하여 이에 대응하는 수직자기 이방성 특성이 열처리 온도에 의존하는 히스테리시스 곡선의 특성변화를 보여준다.

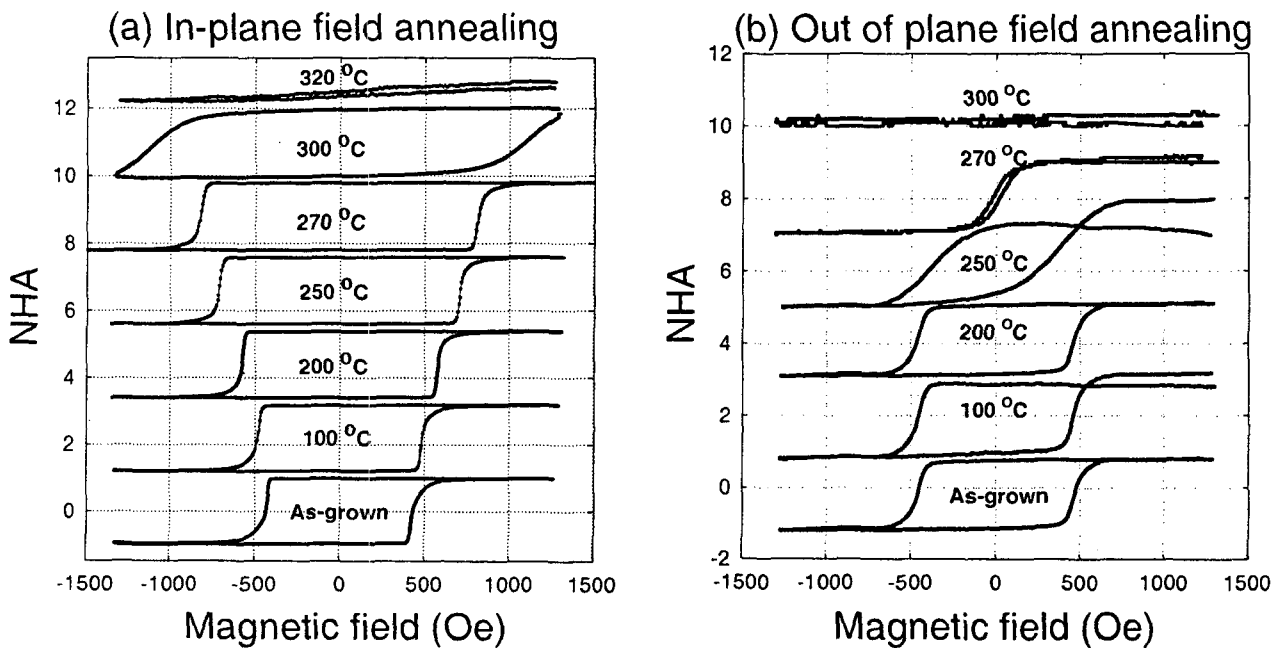


그림-1. 열처리 온도에 따른 수직자기 이방성의 홀-전압 히스테리시스 곡선: 열처리 시 자기장을 박막면에 (a) in-plane (b) out-of-plane으로 인가하였을 때

똑같은 두 개의 시료가 2×10^{-6} Torr 진공 내에서 박막면에 수평 (in-plane)으로 1 kOe의 균일한 자기장을 박막면에 수평으로 인가하여, 원하는 열처리온도에서 1시간 머무른 후 서냉하여 상온에서 측정한 시료의 경우 수직자기의 보자력 크기는 450 Oe이었다. 그림-1(a)에서 보여주듯이 열처리 온도가 증가함에 따라 서서히 증가하다가 300 °C에서는 1.1 kOe 유지한 후 320 °C에서 수직자성이 완전히 사라졌다. 이것은 Co와 Pt층의 상호 계면확산의 영향이 주된 요인으로 볼 수 있다. 반면에 수직자기이방성 효과를 향상시키기 위해 자기장을 박막면에 수직 (out-of-plane)으로 인가한 경우 200 °C까지 일정한 보자력 크기인 450 Oe로 유지하다가 270 °C에서 보자력이 10 Oe로 갑자기 작아지다가 300 °C에서 소멸하였다. 이러한 결과를 볼 때, 수직자기이방성을 유지하기 위한 열처리 과정에서 자기장 인가하는 방향이 매우 중요한 요인으로 작용될 수 있음을 알게 되었다.