

이온빔에 의한 스핀 의존 터널링 박막의 제조
Ion Beam Deposition of Spin-dependent Tunneling Trilayer

한국과학기술연구원 박막기술연구센터 배승영 · 신경호
Thin Film Technology Research Center, KIST Seung-Young Bae, Kyung-Ho Shin

1. 서론

두 개의 강자성 박막과 그 사이의 절연성 초박막으로 구성되어 있는 스핀 의존 터널링 (spin dependent tunneling, SDT) 소자는 상용화를 눈 앞에 둔 spin valve 타입의 MR 소자와는 달리 세계적으로도 emerging technology에 해당되는 신기술이다. SDT 소자의 강점은, spin valve 소자가 센스 전류가 박막에 표면에 평행하는 CIP (current in plane) 타입입에 반해 센스 전류가 박막 표면에 수직인 CPP (current perpendicular plane) 타입이라는 점이다. 전자의 경우 소자의 크기가 작아짐에 따라 signal level이 감소함에 비해 후자의 경우 소자의 크기에 관계없이 signal level이 일정하게 되는데, 비휘발성 magnetic memory와 같은 응용 분야에서는 대단히 중요한 의미를 갖는다. 또한 spin valve에서 흔히 보고되는 current shunting, surface diffusive scattering과 같은 signal level의 감소원인을 원천적으로 방지 할 수 있다. 반면 수십 Å 두께의 극도로 평탄한 절연 초박막을 제조하는 기술이 과제로 남아있다.

기존의 SDT 소자들은 evaporation 이나 magnetron sputter를 이용, UHV 환경에서 제조되어 왔다. 본 연구에서는 상기의 증착기술에 비해 sputter된 원자들의 에너지를 용이하게 제어할 수 있는 장점이 있는 ion beam deposition을 이용, Co/Al₂O₃/NiFe의 SDT trilayer를 제조, 각 layer의 계면에서의 원자간 섞임을 최소화함으로써 소자의 성능의 향상을 꾀하였다.

2. 실험방법

Co(500Å)/Al₂O₃(xÅ)/NiFe(500Å) trilayer의 증착은 3 cm Kaufman type ion source 및 plasma bridge neutralizer를 이용 5x10⁻⁶ Torr의 base pressure 및 1.0x10⁻⁴ Torr의 Ar working pressure하에서 행하였다. Energetic neutral bombardment에 의한 원자간 섞임을 최소화하기 위해 beam-target-substrate간에 compound geometry를 도입하였으며, 같은 이유에서 기판 온도를 실온으로 유지하였다. 증착시 기판에 수평한 방향으로 약 100 Oe의 자장을 가하여 일축 자기 이방성을 유도하였다. Ex-situ ambient oxidation 또는 oxygen plasma oxidation같은 기존의 연구와는 달리, Al₂O₃ 박막은 Al target을 이용, Al 박막 증착시 chamber내를 5x10⁻⁵ Torr의 산소로 채우는 in-situ oxydation by backfilled oxygen 방식을 처음으로 시도하였다. 실험은 Al₂O₃ 박막 성막시의 이온 빔 에너지 (600~800 eV)와 박막 두께 (30~100Å)를 변화시키면서 행하였고, 제조된 trilayer를 Grazing incidence XRD (GIXD), VSM, AFM을 이용해 평가하였다. 한편 SDT 소자는 증착된 trilayer를 lithography 및 lift-off technique, ion milling을 이용, 1mm x 1mm 크기의 소자로 제조하여 I-V 특성 및 tunneling MR을 평가하였다.

3. 결과 및 고찰

그림 1에 제조된 trilayer의 Auger depth profile을 나타내었다. Al_2O_3 박막 내의 Al 및 O의 두께에 chemical shift를 같이 나타냈는데, 양 원소 공히 Al_2O_3 의 특성 chemical shift를 보여주고 있어, Al_2O_3 박막 전체에 걸쳐 Al이 완전히 산화되었음을 확인하였다.

그림 2에는 Al_2O_3 박막의 성막시 이온 빔 에너지를 변화시켰을 경우의 자기 이력곡선, 특히 Co 및 NiFe간의 자기적 분리를 이온 빔 에너지가 700 eV 및 800 eV의 경우를 대표적으로 나타내었다. 그림에서 보듯 이온 빔 에너지가 작은 경우가 큰 경우에 비해 자기적 분리가 훨씬 확실하며, 나아가 하층의 NiFe박막의 자화값 (M_2)이 약 50%정도 큼을 알 수 있어, Al_2O_3 박막의 성막시의 NiFe/ Al_2O_3 간의 원자간 섞임이 훨씬 작음을 알 수 있다.

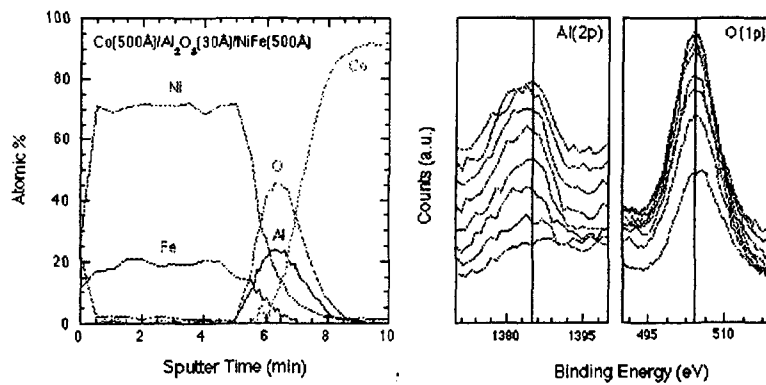


Figure 1. Auger depth profile and Co(500Å)/ Al_2O_3 (30Å)/NiFe(500Å) and the chemical shift of Al(2p) and O(1p).

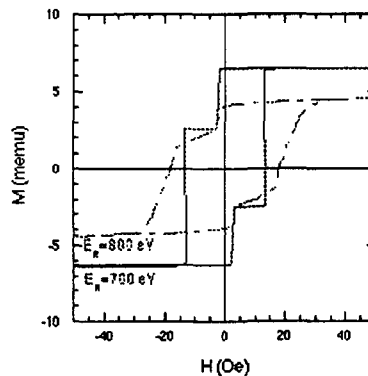


Figure 2. M - H loop of Co(500Å)/ Al_2O_3 (30Å)/NiFe(500Å) as a function of ion beam energy for Al_2O_3 deposition.

4. 결론

본 연구에서는 Backfield oxygen에 의한 Al_2O_3 산화막의 성막 가능성을 제시하였다. 또 Co/ Al_2O_3 /NiFe trilayer의 이온 빔 증착시, 박막 성막시의 이온 빔 에너지를 조절함으로써 계면에서의 원자간 섞임을 억제할 수 있음을 보였고, 이는 trilayer의 tunneling MR 특성 향상에 크게 기여할 것으로 예상된다.