

충남대학교 이영우\*  
 충남대학교 이태효  
 충남대학교 김철기  
 충남대학교 김종오

Mumetal growing temperature effect on the magnetic properties of Cu/Mumetal/ $AlO_x$ /Co/Cu

Chungnam National University Y. W. LEE\*  
 Chungnam National University T. H. LEE  
 Chungnam National University C. G. KIM  
 Chungnam National University C. O. KIM

## 1. 서론

현재 자성 박막을 이용한 자기 센서 및 소자에 대한 연구가 매우 활발히 진행되고 있다. 대표적으로 터널링자기저항(TMR)을 들 수 있으며 수 또는 수십 나노미터 두께를 갖는 강자성층과 절연성 박막으로 구성된 다층박막으로 제작된다. 이러한 센서 및 소자의 성능은 박막의 구조 특히 표면 및 다층박막의 계면 특성에 의해 크게 영향을 받는다. 특히 1 nm 내외의 두께로 제작되는 터널링 절연층은 계면 특성에 매우 민감하다. 따라서 박막의 계면 구조를 조절하는 일은 우수한 터널링 소자를 제작하는데 매우 중요하다.

최근까지 보고된 다층박막의 투과전자현미경 분석에 의하면 절연층으로 사용되는 Al 산화층은 사인파와 유사한 형태의 계면 구조를 갖는 것으로 알려져있다. 사인파를 경계로 상부와 하부의 자성층사이에 orange peel coupling이 발생하며,  $\mu m$  수준의 미세패턴으로 형상화 될 수록 다층박막의 자기이력곡선을 한쪽으로 이동시킨다. orange peel coupling을 억제하기 위해서는 보다 평탄한 터널링 절연층의 생성이 요구되고 있으며 결과적으로 하부층의 미세구조를 보다 평탄화 시킬 필요가 있다.

현재 우리가 제작하는 다층박막은 전도층으로 Cu 층을 성막하고 하부 강자성층(F1)으로 Mumetal을 성막한 뒤 터널링 절연층을 목적으로 Al 금속막을 적층한 후 산소 분위기에서 자연산화 시켰다. 이후 상부 강자성층(F2)으로 Co를 성막하였으며 전도층으로 Cu층을 증착하였다. 이 때 하부 강자성층으로 이용된 Mumetal은  $Ni_3Fe$  조성을 갖는 결정립의 성장이 발생하며 투과전자현미경 분석을 통하여 계산된 평균 입자 크기는 30 nm 수준이었다. 또한 다층박막의 절단면 관찰을 통하여서 절연층의 계면구조는 하부층의 결정화에 따라 생성된 결정립계에서 크게 변화함을 알 수 있었다. 따라서 하부층의 미세구조 조절을 통하여 절연층의 계면구조 변화를 유도하고 결과적으로 다층박막의 자기적 특성을 조절할 수 있으리라 판단된다.

## 2. 실험방법

Cu/Mumetal/ $AlO_x$ /Co/Cu 다층박막은 RF magnetron sputtering 법으로 제작되었다. 실험진 진공도는  $3 \times 10^{-7}$  Torr 이하였으며 스퍼터링 시의 Ar 가스 분압은 3 mTorr로 고정하였다. 기판은 1000 °C에서 3 시간동안 열산화 방법으로 산화층을 1350 Å 성장시킨 실리콘 웨이퍼를 이용하였다. 스퍼터로 성막된

모든 층들의 두께는 투과전자현미경, 주사전자현미경등을 이용하여 성장속도를 조사한 후 증착시간으로 조절하였다. Mumetal, Co, AlO<sub>x</sub>, Cu 각각의 성장속도는 0.74 Å/s, 1.1 Å/s, 0.77 Å/s, 1.5 Å/s 이며 두께는 30 nm, 50 nm, 1 nm, 50 nm로 고정하였다. 터널링 절연장벽층은 금속 Al층을 성장한 후 산소 20 Torr 분위기에서 20 분간 유지하여 자연산화층을 형성하였다.

### 3. 결과 및 고찰

Cu/Mumetal/AlO<sub>x</sub>/Co/Cu 다층막 중에서 하부 자성층의 성장온도만 20 °C에서 75 °C까지 변화시킨 결과 온도를 변화시킨 하부 자성층의 자화반전 자기장은 완만히 증가했으나 상온에서 성장시킨 상부 자성층의 자화반전 자기장은 온도에 따라 더 크게 변화하였다. Mumetal 표면의 거칠기를 조사하여 열처리 에 따른 직접적인 표면구조 변화와 X선 회절 분석을 통한 결정 성장 및 결정립 크기의 변화와 관련한 조사를 통하여 Mumetal 층의 성장온도가 다층박막에 미치는 영향을 조사하고자한다.

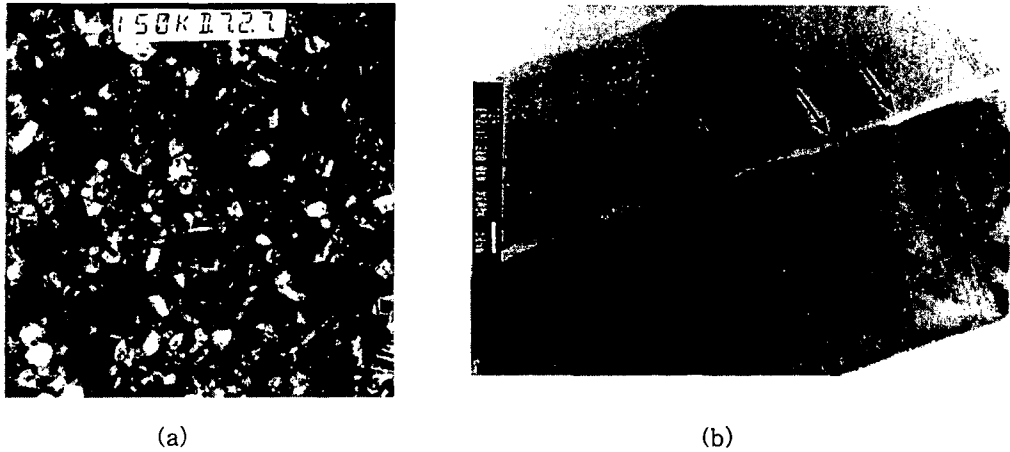


Fig.1 TEM images (a) In-plane of Mumetal (b) crossection of Ta/Mumetal/AlO<sub>x</sub>/Co/Ta multilayer.

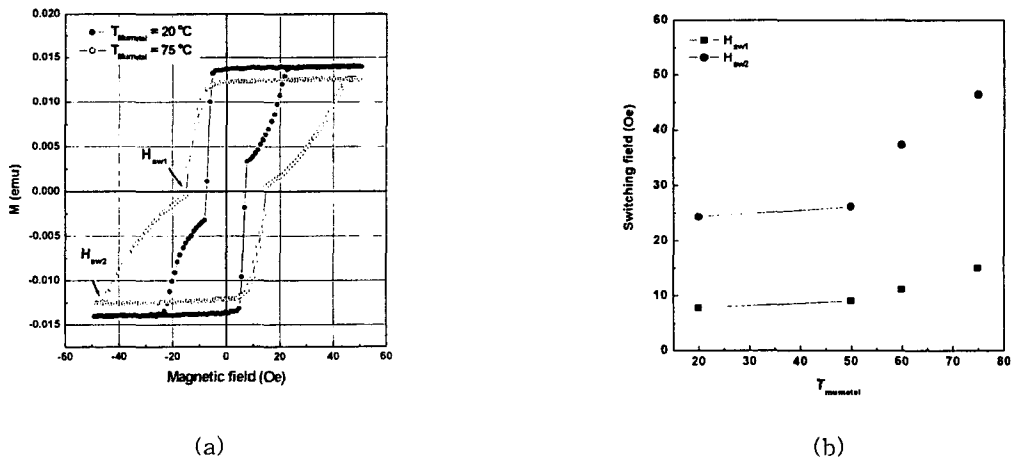


Fig.2 (a) Magnetic hysteresis loops of Cu/Mumetal/AlO<sub>x</sub>/Co/Cu at different growing temperature (b) Switching fields for bottom and top ferromagnetic layer