

## 자기터널접합에서 강자성층에 대한 절연층 산화의 영향 및 열처리에 의한 강자성층 환원과 계면향상에 관한 연구

한국과학기술원 배준수\*, 이혁모  
한국과학기술연구원 신경호

Effect of oxidation of tunnel barrier on bottom electrode and reduction of ferromagnetic layer by thermal annealing in magnetic tunnel junction

KAIST Jun Soo Bae\*, Hyuck Mo Lee  
KIST Kyung Ho Shin

### 1. 서론

최근들어 자기터널접합 (magnetic tunnel junction, MTJ) 에서 높은 상온자기저항 (magnetoresistance, MR) 값이 보고되면서, 이를 magnetic random access memory 나 자기저항센서, read head 등에 응용하려는 연구가 활발히 진행되고 있다. 그러나 자기터널접합은 일반적인 거대자기저항조직과는 달리 강자성층과 강자성층 사이에 위치하는 절연층의 역할이 매우 중요하며 그 증착 및 산화공정이 민감하여 절연층의 형성여부가 터널접합의 재현성 및 MR 값의 안정화에 결정적인 역할을 하고 있다. 일반적으로 절연층의 형성을 위해 Al 을 증착하고 난 후 이를 산화시키는 공정을 채택하고 있는데, 보다 안정하고 재현성있는 자기터널접합을 형성하기 위하여 증착된 Al 을 산화시키는 방법들이 다양하게 시도되고 있다. 산소플라즈마를 사용하는 플라즈마 산화법 [1], 순수산소기체를 사용하는 자연산화법 [2], 자외선을 응용하는 ultraviolet light-assisted 산화, 오존에 의한 산화등이 그것인데, 일반적으로 자연산화법과 플라즈마 산화법이 많이 사용되고 있다. 이와 같은 방법으로 증착된 Al 층을 산화시킬 경우, 저산화나 과산화가 아닐지라도 산화진행계면이 어떠한 양상으로 진행되는지에 따라 최종적인 MR 및 자기적인 성질이 현저히 좌우될 수 있다 [3]. 즉 산화진행계면이 평탄하지 않을 경우, 절연층 밑에 놓여있는 강자성층이 부분적으로 산화될 수 있고 이것이 터널접합의 자기적인 성질에 영향을 미칠 수 있다. 이와같은 영향을 제거하기 위해 열처리를 행하며 이로 인해 자기적인 물성치 및 MR 값은 향상된다. 본 연구에서는 자연산화법에 의한 Al 층의 산화시, 산화진행계면의 형상과 열처리에 의한 강자성층의 환원 및 계면의 향상을 고분해능 전자현미경 (high resolution transmission electron microscope, HRTEM) 을 이용하여 관찰하였다.

### 2. 실험방법

모든 박막층의 증착은 6-gun magnetron sputtering 을 이용하여 dc 40 W 에서 행해졌으며, 초기진공은  $5 \times 10^{-7}$  Torr, 증착시 압력은 순수아르곤기체 5 mTorr 였다. Al 층의 산화시 순수산소기체에서 약 25 분간 유지하였으며, 산화된 조직을 열처리하기 위하여 rapid thermal annealing furnace (RTA) 를 이용하였다. 열처리시 조건은 ramp up 시간이 10 초, 300 °C 에서 유지시간이 10 초였으며  $10^{-6}$  Torr 의 진공상태에서 열처리를 행하였다.

### 3. 실험결과 및 고찰

Si 기판위에 Al 층을 50 Å 증착하였다. 이후 순수산소기체를 chamber 에 넣어주면서 증착된 Al 층을 산화시켰다. chamber 를 초기진공 ( $5 \times 10^{-7}$  Torr) 에서 순수산소 20 Torr 의 분위기로 만들어주는데 약 24 분이 소요되었으며 이후 약 1 분간 산화조건을 유지하였다. fig. 1 에서 밝은 contrast 를 나타내는 층이 산화된 절연층이며 Si 기판위의 밝은 contrast 를 나타내는 얇은 층은 Si 의 native oxide 이다. 증착된 Al 층의 표면부위와 결정립계로 판단되는 부위에서 우선적으로 산화가 일어났음을 확인할 수 있다. 결정립계에서 우선적으로 일어난 산화는 Al 층 밑에 위치한 Co 층까지 이어져서 Si 의 native oxide 까지 연결되어 있음을 볼 수 있다. 이로부터 Al 층의 산화과정이 Al 층 밑에 위치한 강자성층까지 부분적으로 산화시키고 있음을 알 수 있다. Al 층의 산화후 RTA 를 사용하여 열처리한 결과를 fig. 2 에 나타내었다. fig. 1 에서 나타나는 결정립계 우선산화가 열처리에 의해 사라졌음을 확인할 수 있고, 따라서 부분적으로 산화된 Co 층이 결정으로 완전히 환원되었다. Co 층의 격자무늬 (lattice image) 가 뚜렷해진 것으로부터 환원된 Co 층의 결정성이 향상되었음을 미루어볼 수 있다. 또한 산화층 ( $AlO_x$ ) 과 Co 층의 경계가 확실히 구분이 되므로, 열처리로 인해 계면형상이 향상되었음을 확인하였다.



fig. 1

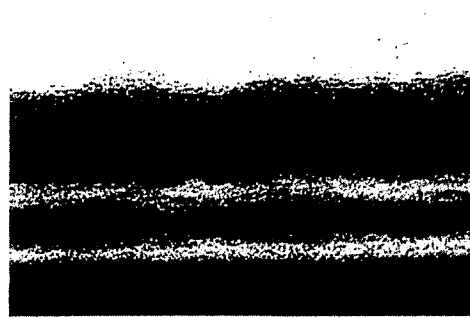


fig. 2

fig. 1 Cross-sectional HRTEM image of Si/Co(20)/Al+AlO<sub>x</sub>(30Å)/Ta(50Å) naturally oxidized at 20 Torr of pure oxygen.

fig. 2 Cross-sectional HRTEM image of Si/Co(20Å)/Al+AlO<sub>x</sub>(30Å)/Ta(50Å) after the rapid thermal annealing (RTA) treatment.

### 4. 결 론

자연산화법에 의한 Al 층의 산화시 Al 층의 표면과 결정립계로 판단되는 부위에서 우선적으로 산화가 일어났고 이로 인해 Al 층 밑에 위치한 Co 강자성층이 부분적으로 산화됨을 관찰하였다. 이와 같은 산화조건을 RTA 를 이용하여 열처리한 결과, 부분적으로 산화된 Co 층이 환원됨과 동시에 결정성이 향상되었고 산화층과 Co 층의 계면이 열처리 전에 비해 선명해짐을 관찰하였다. 이는 자기터널접합이 열처리에 의해 MR 및 자기적성질이 향상되는 근본적인 원인으로 추측되는 결과이다.

### 5. 참고문헌

- [1] J. S. Moodera, L. R. Kinder, T. M. Wong, and R. Meservey, Phys. Rev. Lett. **74**, 3273 (1995).
- [2] T. Miyazaki and N. Tezuka, J. Magn. Magn. Mater. **139**, L231 (1995).
- [3] D. J. Smith, M. R. McCartney, C. L. Platt, and A. E. Berkowitz, J. Appl. Phys. **83**, 5154 (1998).