

자기터널접합에서 산화방법에 따른 절연층 AlO_x 의 미세조직 및 특성차이에 관한 연구

한국과학기술원 배준수*, 노은선, 이택동, 이혁모
한국과학기술연구원 신경호

Effect of Different Oxidation Methods on Microstructures and Properties of AlO_x in Magnetic Tunnel Junction

KAIST Jun Soo Bae*, Eun Sun Noh, Taek Dong Lee and Hyuck Mo Lee
KIST Kyung Ho Shin

1. 서론

상온에서 높은 자기저항 (magnetoresistance, MR) 을 나타내어 MRAM (magnetic random access memory) 이나 자기저항센서, read head 등으로의 응용에 대한 연구가 활발히 진행되고 있는 자기터널접합 (magnetic tunnel junction, MTJ) 은 절연층의 역할 [1] 이 매우 중요하며 절연층의 형성여부가 터널접합의 재현성 및 MR 값의 안정화에 결정적인 역할을 하고 있다. 일반적으로 절연층의 형성을 위해 Al 을 증착한 후 이를 산화시키는 공정을 택하고 있는데, 다양한 Al 의 산화방법들이 안정하고 재현성 있는 자기터널접합을 형성하기 위하여 시도되고 있으며 그중에서 자연산화법 [2] 과 플라즈마 산화법 [3] 이 많이 사용되고 있다. 본 연구에서는 절연층 AlO_x 의 밀도와 화학적 조성에 자연산화법과 플라즈마 산화법이 미치는 영향에 대해 X-ray reflectivity 와 XPS (X-ray Photoelectron Spectroscopy) 를 이용하여 고찰하였다.

2. 실험방법

Al 층은 6-gun magnetron sputtering 을 이용하여 rf 100 W 에서 150 Å, 200 Å 로 증착되었으며 초기 진공은 5×10^{-7} Torr , 증착시 압력은 순수아르곤기체 5 mTorr 였다. 자연산화시 0.5 Torr, 20 Torr 의 순수산소기체에서 1 시간동안 유지하였으며 산소플라즈마는 3 mTorr, 20 mTorr 의 순수산소기체에서 dc 60 W 에 의해 형성되었고 이를 증착된 Al 층에 1 분간 노출시켰다. 절연층의 밀도는 X-ray reflectivity, 화학적 조성은 XPS 에 의해 측정되었다.

3. 실험결과 및 고찰

Fig. 1 은 자연산화법과 플라즈마 산화법으로 각각 제조된 AlO_x 층에 대한 X-ray reflectivity 분석결과로 Fig. 1(a) 는 20 × 20 mm Si 기판 위에 Al 층을 150 Å 증착한 것이고 Fig. 1(b) 는 25 × 25 mm Si 기판 위에 Al 층을 200 Å 증착한 것이다. 자연산화시 20 Torr 의 순수산소기체에서 1 시간동안 유지하였으며 플라즈마 산화시 20 mTorr 의 순수산소기체에 dc 60 W 의 플라즈마를 유도하여 1 분동안 산화시켰다. 수직선 위치가 동일한 것으로부터 자연산화법과 플라즈마 산화법에 따른 AlO_x 층의 밀도차는 없는 것으로 판단된다.

Fig. 2 는 자연산화법과 플라즈마 산화법으로 각각 제조된 AlO_x 층에 대한 XPS 분석결과로 자연산화시 0.5 Torr 와 20 Torr 의 순수산소기체에서 1 시간동안 유지하였으며 플라즈마 산화시 3 mTorr 와 20 mTorr 의 순수산소기체에 dc 60 W 의 플라즈마를 유도하여 1 분간 산화시

켰다. 0.5 Torr 와 20 Torr 에서의 자연산화시 결합에너지 (binding energy) 가 74.5 eV 로 동일하며 이로부터 자연산화에서는 AlO_x 층의 화학적 조성 차이가 없는 것으로 판단된다. 플라즈마 산화시 20 mTorr 에서 AlO_x 의 결합에너지는 자연산화의 경우와 비슷하나 3 mTorr 에서 AlO_x 의 결합에너지는 자연산화의 경우보다 0.3 eV 정도 높으며 이로부터 적절한 산소압력에서의 플라즈마 산화법이 자연산화법보다 O/Al 의 비율이 다소 높게 나타나며 따라서 보다 절연 특성이 좋은 AlO_x 층이 제조될 것으로 예상된다.

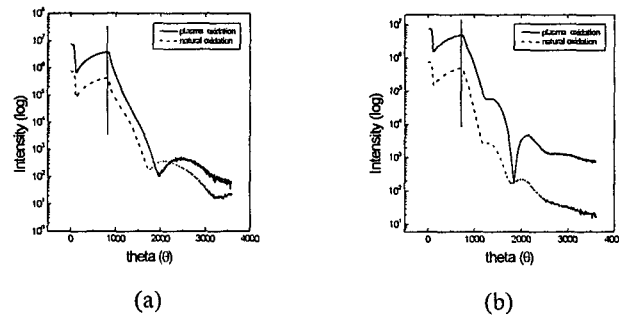


Fig. 1. X-ray reflectivity of Si/Al+ AlO_x oxidized by the natural oxidation and the plasma oxidation; (a) is for 150Å thickness and (b) is for 200Å thickness.

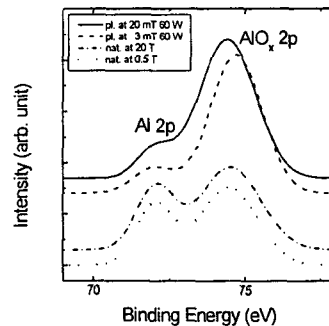


Fig. 2. XPS analysis of Si/Al+ AlO_x (200Å) oxidized by the natural oxidation and the plasma oxidation.

4. 결론

자연산화법과 플라즈마 산화법에 의해 형성된 AlO_x 층은 밀도의 차이를 나타내지 않았다. 또한 자연산화시 산소압력 등 산화조건에 따른 AlO_x 의 화학적 조성은 동일하게 나타났으며 플라즈마 산화시 적절한 산소압력일 때 AlO_x 의 화학적 조성이 다소 높게 나타나는 것으로 분석되었다. 이로부터 플라즈마 산화법이 자연산화법보다 절연층의 절연 특성을 보다 향상시킬 것으로 기대되었다.

5. 참고문헌

- [1] Y. Ando, M. Yokota, N. Tezuka and T. Miyazaki, J. Magn. Magn. Meter. **198**, 155 (1999).
- [2] T. Miyazaki and N. Tezuka, J. Magn. Magn. Mater. **139**, L231 (1995).
- [3] J. S. Moodera, L. R. Kinder, T. M. Wong and R. Meservey, Phys. Rev. Lett. **74**, 3273 (1995).