

## 면수직 전류주입형 스핀밸브의 Cu-AlO<sub>x</sub> 나노 산화층 형성 (Formation Mechanism of the Cu-AlO<sub>x</sub> Nano-Oxide Layer for Current Perpendicular to Plane Spin Valves)

소준영<sup>1\*</sup>, 김영근<sup>1</sup>, S. Kawasaki<sup>2</sup>, K. Miyake<sup>2</sup>, M. Doi<sup>2</sup>, and M. Sahashi<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 고려대학교 공과대학 신소재공학과, 서울시 성북구 안암동 5-1, 136-713

<sup>2</sup> Tohoku University, Graduate School of Engineering, 6-6-05, Aza-Aoba, Aramaki, Aoba-ku, Sendai 980-8579, Japan

### 1. 서론

스페이스 층에 Cu-AlO<sub>x</sub> NOL (Nano-Oxide Layer) 을 삽입한 CPP-GMR 은 상대적으로 큰 RA 값과 높은 MR 비를 얻을 수 있기 때문에 많은 연구가 진행되고 있다. 이는 산화 절연층 사이의 금속 전도 패스에 의한 전류 집속 효과로 설명할 수 있다. NOL 의 형성 기구를 보다 명확히 하기 위해 in-situ SPM 의 직접적인 관찰을 통해 Cu 층 위에서 Al 원자들의 거동을 연구하였다.

### 2. 실험방법

본 실험의 박막 제작은 DC 이온 빔 스퍼터링 시스템을 이용하였다. Xe 가스 분위기하에서 1×1 cm<sup>2</sup> 열산화 Si 기판 위에, Sub./Ta (5)/Cu (10)/Al (X) [nm] 를 증착하였다. 기초 진공도는 7×10<sup>-9</sup> Torr 를 유지하였다. 열처리 는 같은 챔버 내에서 진행하였다. 자연산화는 역시 스퍼터 챔버 내에서 O<sub>2</sub> 가스압 2.4×10<sup>-4</sup> Torr, 60 sec 의 조건으로 행하였다.

In-situ 상태에서 STM (scanning tunneling microscope), conductive-AFM (atomic force microscope), RHEED (reflection high energy electron diffraction) 를 이용하여 샘플의 구조, 표면 상태 및 전도 경로 등을 관찰하였다. 이 측정 장비들은 스퍼터링 시스템과 연결된 수송 터널을 통해 별도의 챔버 내에 장치 되어 있으며, 터널 및 각각의 챔버는 스퍼터링 챔버와 동일한 수준의 진공도를 유지하고 있다. 본 실험에서 사용한 장치의 구성은 박막 증착 챔버와 표면 관찰 평가를 실시하는 초고진공 SPM chamber가 7×10<sup>-9</sup> Torr의 진공 터널에서 연결되고 있어 제작한 나노 산화층시료를 이 진공 터널안으로 반송하는 것으로서, 시료 표면을 산화시키는 일 없이 관찰하는 것이 가능하다.

### 3. 실험 결과 및 고찰

열처리에 의한 Cu/Al의 형태 변화를 보다 명확하게 관찰하기 위해서 Cu상의 Al를 미소량( $t_{Al} = 0.1$  nm (약 0.5ML)) 로 한 시료와 Al가 없는 Cu 기초층에 대해서 표면 형상의 변화를 STM으로 관찰 비교하였다.(Fig. 1). Al가 없는 Cu표면에서는 열처리에 의해 (111) 테라스가 성장하고 있는 것을 관찰할 수 있다. Cu표면에 0.5 ML의 Al를 증착 한 후도 명확한 Al구조는 알 수 없지만 Al는 표면에 균일하게 증착 된다고 생각된다. 한편 Cu/Al를 열처리 하는 것으로 Fig. 4-3 (b)와 같은 Cu테라스 위에 미립자가 관찰되었다. 미립자는 높이 약 0.2 nm, 직경 약 2 nm의 평판 모양의 형태를 하고 있다 (Fig. 1 (a))

as-depo. 상태에서 부분적으로 증착되어 있고 20 nm정도의 입상에 집합한다. 이 때 입간에 Al로 덮이지 않은 Cu표면이 노출한다(Fig. 4-5). 이는 주로 표면 에너지의 작은 Cu(111) 최밀면이라고 생각된다. 자연 산화를 하게되면 Al은 AlO<sub>x</sub>이 되어 박막내에 메탈 패스의 Cu-AlO<sub>x</sub> NOL가 형성된다고 생각한다.

### 4. 결론

Conductive-AFM 이미지를 통해 AlO<sub>x</sub> 로 둘러싸인 Cu 표면에서 전도 경로가 나타남을 알 수 있었다. 나노 산화층 구조는 Al 층의 산화 전 열처리에 의해 조절 할 수 있다. 열처리에 의해Cu (111) 위에서 Al 이 작게 분리됨을 알 수 있었다. Al 은 Cu (111) 표면에서 가장자리 부분으로 이동함을 알 수 있으며, 이러한 Al 의 거동은 Cu 표면 에너지를 줄이기 위한 것으로 설명할 수 있다.

5. 참고문헌

- [1] K. Nagasaka, Y. Seyama L. Varsa, Y. Shimizu, and A. Tanaka, J. Appl.Phys. 89, 6943 (2001).
- [2] M. Takagishi K. Koi, M. Yoshikawa, T. Finayama, H. Iwasaki and M. Sahashi. IEEE. Trans. Magn., 38, 2277 (2002).
- [3] H. Fukuzawa et al. IEEE Trans. Magn., 89, 2236 (2004).

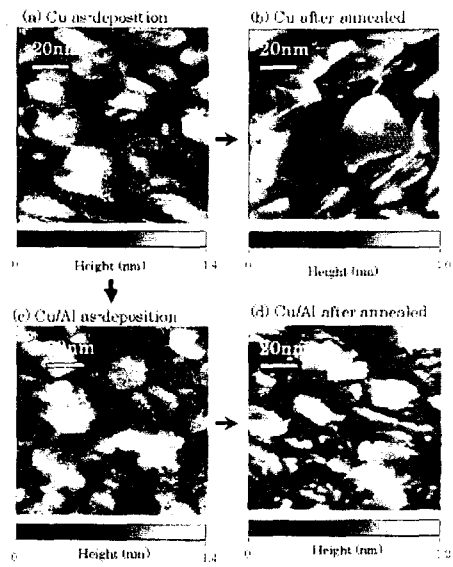


Fig. 1. STM 이미지 (a) Cu as-deposition, (b) 열처리 후 Cu, (c) Cu/Al as-deposition, (d) 열처리 후 Cu/Al. ( $t_{Al} = 0.6\text{nm}$ )

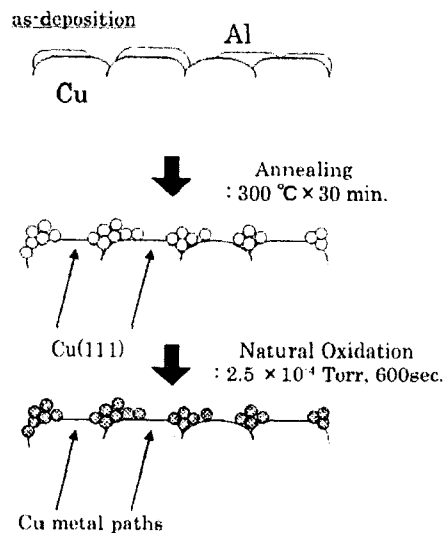


Fig. 2. 나노산화층 (NOL) 형성 기구 모식도.