

## Low power oxidation condition에서 제작된 magnetic tunnel junction의 특성

고려대학교  
한국 과학기술 연구원

이 유중, 이 공원,  
박 상용, 이 재형, 신 경호

### 1. 서 론

$Al_2O_3$ 층을 터널 장벽으로 사용하는 Magnetic Tunnel Junction(MTJ)시료의 특성에 가장 크게 작용하는 요인 중에 한 가지는 양질의 Al산화막 형성에 있다.

Al산화막이 터널 장벽으로 제대로 된 역할을 하기 위해서는 Al층에 인접한 자성층에 영향을 미치지 않으면서 Al층을 균일하게 산화시킬 수 있는 조건이 만족되어야 하며, 이러한  $Al_2O_3$ 층의 제작에 가장 적합한 실험적 조건은 Al층의 산화에 Low power plasma를 사용하며, 산화 Chamber내부를 되도록 높은 분압의 산소 분위기로 유지시켜서 조금씩 장시간 동안 Al을 산화시키는 것이다. 이렇게 형성된  $Al_2O_3$ 층은 인접한 자성층에 산소 plasma가 침투되어서, pinned층과 심지어 pinning층의 역할에 영향을 줄 수 있는 요소를 최소로 줄 일수 있으며, 이러한 조건을 만족시키는  $Al_2O_3$ 층은 그 두께를 더욱 얇게 줄이는 것이 가능해짐에 따라서 MRAM의 소자화에 적합한 저항비를 갖는 MTJ제작에 큰 도움을 줄 수 있다[1]. 이번 실험에서는 작은 plasma power를 이용하여, Al층을 장시간 산화시켜서 제작된 시료의 산화 시간별 MR을 분석하여 최적의 산화조건을 찾을 수 있었다.

### 2. 실험방법

실험에 사용한 Chamber는 박막을 증착하는 Main Chamber와 시료를 산화시키는 산화 Chamber가 연결되어 있는 형태이며, 산화 Chamber는 Load-Lock Chamber의 역할을 하고 있다. 시료를 증착하기 직전의 Main Chamber 압력은  $4.4 \sim 7.0 \times 10^{-8}$  Torr 정도의 압력을 유지하였다. 시료는  $SiO_2$ 기판위에 Ta50Å/NiFe50Å/FeMn100Å/CoFe50Å/ $Al_2O_3$ 16Å/CoFe20Å/NiFe50Å/Ta50Å의 구조로 증착하였으며, Ta에서 Al까지는 Main Chamber에서 2mTorr의 Ar분위기에서 Plasma Gun Power 40W로 증착하였고, 산화 후 다시 Main chamber에서 동일 조건으로 CoFe부터 Ta까지 증착하였다. Al층의 산화는 시료를 산화Chamber로 이동, Ar Gas를 흘려서 Main Valve로 일정한 압력을 맞춰놓고,  $O_2$  Gas를 바로 흘려주면서, 시료가 산소에 노출되는 조건과 압력이 안정되기까지의 조건을 만족시키기 위해 1분10초간 기다린 후에 산화 압력인 55mTorr에서 60mTorr의 압력이 고정되면, Sputter를 실시하였다. 이때 중요한 Plasma Gun의 Power는 10W였고, Gun의 타겟 크기가 2인치임을 생각하면 단위면적당 Power는 여타 실험의 조건에 비해서 확실히 낮은 조건임을 알 수 있다.

그 후의 제작과정은 Optical Lithography와 Ion milling으로 Junction Define 후, Capping 및 단자층의 Sputter로 마무리하였다. 시료는 산화시간별로 제작하였고, 3분, 6분, 9분, 12분의 산화시간을 갖는 시료를 먼저 제작 후에 MR을 측정하여 다음 상대적으로 아주 낮은 MR을 갖는 12분산화의 시료를 제외시키고, 가장 높은 MR을 보인 6분산화 시료의 시간을 전후로 5분과 7분산화 시료를 추가로 제작하고 3분, 6분, 9분산화 시료를 다시 만들어 모든 시료를 열처리 후 MR을 측정하였다. 열처리는 Conventional Thermal Anneal(CTA)방식을 사용하였으며,  $10^{-6}$ Torr의 진공도를 유지하는 유리관에 시료를 넣은 후, 200°C 온도의 Heater에 유리관을 넣어 열처리를 하였다. Heater내부에는 인가자기장 1T를 걸어서 시료의 자성층이 더욱 확실하게 자화방향에 정렬되도록 하였다.[2]

### 3. 실험결과 및 고찰과 결론

실험에서 얻은 MR Data는 다음과 같다.

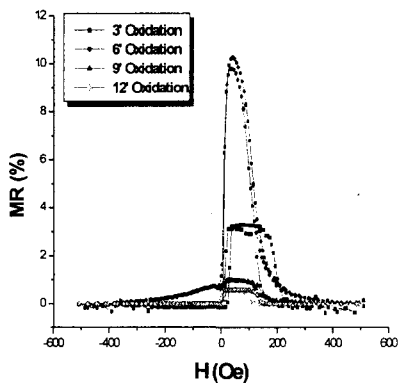


Fig 1. MR curve of before annealing

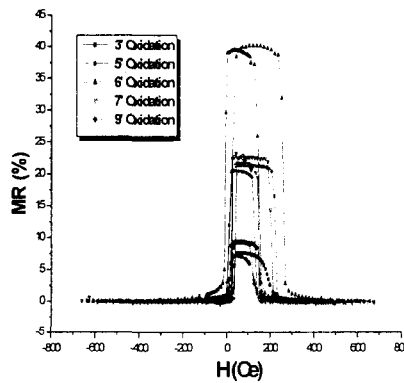


Fig 2. MR curve of after annealing

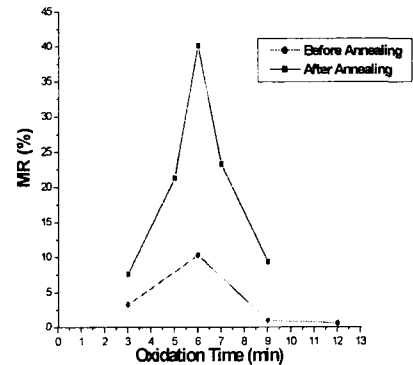


Fig 3. Dependence of MR on oxidation time. (before and after annealing)

Fig1.과 Fig2.의 Data에 따르면 이 번 실험에서와 같은 Low power Oxidation Condition에서의 Al산화 시간이 열처리 전과 열처리 후를 막론하고, 6분에서 가장 큰 MR을 보였으며, 이에따라서 6분의 산화가 이번 실험에서 가장 적절한 산화조건이 되었다는 것을 알 수 있었다. 이것은 다른 실험자료에 의한 MTJ산화 조건이 대략 1분에서 2분정도에 불과하다는 사실과 비교 할 때 상당히 긴 산화시간임을 알 수 있다. 또한 6분 열처리 후의 시료가 40%의 MR을 보였다는 것은 Low Power에서 장시간 Al층을 산화시키는 방법이 양질의 Al산화막 제작에 상당히 중요한 요소로 작용 할수 있다는 것을 보여주고 있다. 그리고 전체적으로 모든 시료가 열처리 전과 열처리 후의 MR이 차이를 보이며, 모두가 열처리 후의 MR이 큰 것은 증착과 산화 공정에서 산소의 침투가 균일하게 이루어지지 않고 있는 것으로 사료되며, 열처리 과정이 불균일하게 침투된 산소가, 산소 친화력이 높은 Al층에 흡수되어 보다 균일한 산화막을 형성하는데 크게 도움이 되고 있다고 해석 할 수 있다. 또한 열처리 과정에서 1T의 자기장을 인가함으로써, 시료의 모든 자성층이 보다 확실하게 자화 방향에 정렬할 수있도록 해준것도 MR이 증가하는데 큰 역할을 했을 것으로 사료된다. Fig 3.은 이 번 실험에서 산화 시간에 따른 MR값을 정리한 결과이다.

### 4. 참고문헌

- [1] S. S. Parkin, J. Appl. Phys. 85, 5282 (1999)
- [2] K. I. Lee, J. H. Lee, K. W. Rhie, MMM 239 (2002) 120-122.