

기판과 부도체층을 개선한 FM/Al₂O₃/FM (FM=Ferromagnet) 자기터널링 접합제작 및 자기수송에 관한 연구

고려대학교 물리학과 박병기, 변상진, 장인우, 염민수, 이재형, 이궁원*

Improvement of substrate and insulating layer of FM/Al₂O₃/FM magnetic tunneling junction and the study magnetic transport

Korea Univ. P.K.Park, S.J.Byeun, M.S.Youm, I.W.Jang, J.H.Lee, K.W.Rhie*

1. 서론

터널접합에 대한 연구가 최근 활발히 진행되고 있으며 상온에서 수십%에 이르는 결과가 속속 발표되고 있고 [1-3] 최근에는 이를 마이크로 미터 크기의 접합으로 제작하여[3,4] 메모리 제작에 이용하고 있다. 터널접합의 크기는 마이크로미터 정도의 크기를 갖고 있어야 한다. 그 이유로는 첫째 접합에 결함이 있을 확률이 적어야 하고, 둘째 약 k Ω 정도의 저항을 갖고 있어 불균일 전류에 의한 효과가 작아야 한다. 이 논문에서는 새도우 마스크를 사용하여 진공 중에서 in-situ로 제작한 터널 접합의 산화막 저항 의존성과 기판의 효과를 조사하여 TMR을 개선시킬 수 있는 조건을 찾아보았다.

2. 실험방법

산소에 의한 금속 타겟의 오염을 막고 진공조의 산소 농도를 더욱 낮추어 양질의 자성층과 계면을 확보하기 위하여 산화만을 담당하는 진공조를 만들었다. 기판은 Corningglass 2948 (이하 CG2948), Corning Glass 7059 (이하 CG7059), Si(100), Si(111), Thermally Oxidized Si(100) (이하 SiO₂(100)), Thermally Oxidized Si(111) (이하 SiO₂(111))을 사용하였다. SiO₂(100)와 SiO₂(111) 기판에 형성된 SiO₂ 막의 두께는 각각 3000Å 정도로 형성시켰다. TMR 접합제작을 위하여 전형적인 십자형 접합구조를 사용하였다. 기판위에 Py(200Å)/Al₂O₃/Co(250Å) 순으로 증착하였다. 마스크는 한 장의 얇은 구리판에 증착부위의 너비만큼 에칭하여 가로-세로-세로의 순으로 구멍을 내어 새도우마스크로 사용하였다.

3. 실험결과 및 고찰

산화시간에 따른 Al 산화막의 형성에 대한 기초 조사로서 Al을 200Å Co2948 기판위에 증착시키고 산소 플라즈마 산화시간에 따른 저항의 변화를 그림 1에 보였다. SiO₂(100) 기판을 사용하여 25Å의 Al을 다양한 시간으로 산화시켰을 때 나타난 MR 비와 터널접합의 저항과 면적의 곱을 산화 시간의 함수로 그림 2에 보였다. 그림 1의 산화막 두께 계산은 산화시간에 대한 금속박막의 면방향 저항의 변화를 바탕으로 나타낸 것이다. 그림 3에 SiO₂(111) 기판위에서 제작한 터널접합의 산화시간에 따른 MR의 절대 값과 접합비저항을 함께 그림으로 나타내었다. 재미있는 것은 산화 시간이 짧았을 때 약 40%에 가까운 MR비를 측정할 수 있었는데 (그림 4) 그 MR의 부호가 음으로 나타났다. 이는 불균일 전류에 의한 효과 [6,7]로 볼 수 있다. 그림 3은 자화용이축과 자화곤란축의 전형적인 TMR의 MR곡선을 보여주고 있다. 그림 4에 보이는 자화용이축과 자화곤란 축의 MR비 그래프에서 음의 MR을 갖는 것을 표시하였다. 산화 시간의 변화에 따른 부도체층의 터널 저항의 증가효과를

보았으며, 터널 저항이 작아 불균일 전류에 의한 효과가 지배적임을 확인하였다. 기판을 바꾸어 가며 TMR을 조사하였고 SiO₂ 기판 위에 제작한 터널접합에서 TMR이 가장 큰 값을 갖는 것을 확인하였으나 이 또한 불균일 전류에 의해 나타나는 현상일 뿐 양자역학적인 터널 접합 효과는 아니라는 것을 확인하였다. Si 기판위에 제작한 접합의 바닥층 Py는 다른 기판보다 상대적으로 작은 저항을 보였으며 새도우마스크를 사용한 실험의 한계로 인하여 접합 전체가 깨끗한 접합을 이루지 못했다. 이를 극복하기 위해서는 두터운 버퍼 층을 입히는 것이 필요하다고 본다. 마지막으로 양자역학적인 터널접합만의 TMR을 보기 위해서는 불균일 전류의 지배를 받지 않는 리소그래피 기법이 사용되어야 한다.

4. 참고문헌

- [1] Miyazaki and N. Tezuka, J. Magn. Magn. Mater. **139**, L231
- [2] J. S. Moodera, L.R. Kinder, T. M. Wong, and R. Meservey, Phys. Rev. Lett. **74**, 3273 (1995); J. S. Moodera, and L. R. Kinder, J. Appl. Phys., **79**, 4724 (1996)
- [3] W. J. Gallagher, S. S. P. Parkin, Y. Lu, X. P. Bian, A. Marly, S. A. Rishton, K. P. Roche, C. Jahnes, T. M. Shaw, and G. Xiao, J. Appl. Phys. **83**, 6694 (1998)
- [4] R. C. Sousa, J. J. Sun, V. Soares, and P. P. Freitas, A. Kling, M. F. da Silva, and J. C. Soares, Appl. Phys. Lett. **73**, 3288 (1998)
- [5] J. S. Moodera, L. R. Kinder, J. Nowak, P. Leclair, and R. Meservey Appl. Phys. Lett **69** (5), 708 (1996)
- [6] R. J. M. van de Veerdonk, J. Nowak, R. Meservey, and J. S. Moodera, W. J. M. de Jonge Appl. Phys. Lett **71** 2839 (1997)

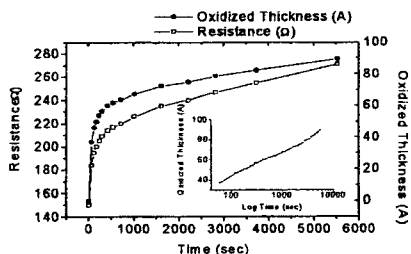


Fig. 1 The change of Al thin film resistance as a function of plasma oxidization time. The Al₂O₃ thickness was estimated from the difference from initial resistance.

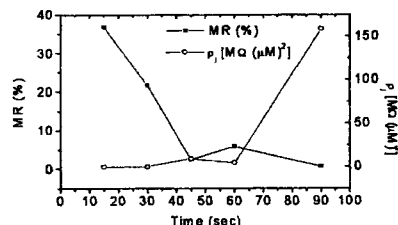


Fig. 2 MR and tunnel resistivity as a function of oxidization time.

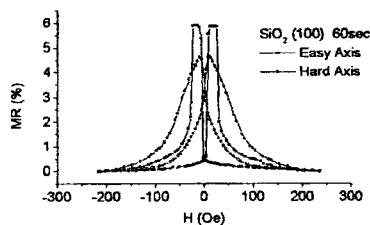


Fig. 3 Typical MR diagram of Py/Al₂O₃/Co tunnel junction.

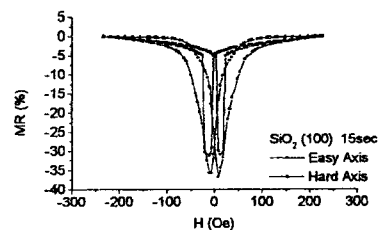


Fig. 4 MR of sample A as a function of applied field at easy and hard directions. Note the large MR with negative sign.