

충남대학교 이영우*
충남대학교 이태효
고기능성자성재료연구센터 윤대식
충남대학교 김종오

Tunneling magnetoresistance effect in Mumetal\Co\AlO_x\CoNiCr junction

Chungnam National University Y. W. LEE*
Chungnam National University T. H. LEE
Research Center for Advanced Magnetic Materials T. S. YOON
Chungnam National University C. O. KIM

1. 서론

터널링 자기저항 접합에 대한 연구는 상온에서 자기저항 비 2 % 이상의 큰 변화율을 갖는 터널링 자기저항 샘플이 제작된 이후로[1] 많은 연구들이 이루어져왔다. 특히 두 개의 금속자성층 사이에 절연 산화막을 이용한 접합 샘플의 경우, 최근까지 보고된 최대 자기저항비는 38 % 에 달하고 있다.[2] 큰 자기저항 비를 갖는 터널링 접합을 하드디스크의 판독헤드로 사용될 경우 100 Mb/in² 이상의 기록밀도가 가능할 뿐만 아니라 이력현상을 갖는 자기적 특성을 이용한 MRAM(Magneti Random Access Memory)으로 이용이 가능하다.[3] 이러한 터널링 자기저항의 연구방향은 자기저항 비의 증가, 접합의 저항값 조절, 인가 전압에 따른 자기저항 의존성 향상 등 다양하지만 기본적으로 큰 자기저항 비를 접합을 제작하는 것이 중요하며 이에 대한 연구는 계속되고 있다. 자기저항 비는 다음 식으로 표현되고 있다.

$$MR(\%) = \frac{R_a - R_p}{R_p} = \frac{2P_1 P_2}{1 - P_1 P_2}$$

즉 접합의 저항 변화를 최소 저항값으로 나누어 준 값이며 이 값은 절연층 양쪽에 위치한 두 자성층 1,2의 스핀 분극율(P)과 관련되어 있어서. 두 자성층의 스핀 분극율이 클수록 접합의 자기저항 변화 및 변화율이 증가하는 것으로 알려져 있다.[4] 따라서 스핀 분극율이 큰 자성층을 개발하는 것이 매우 중요하다. 현재까지 발표된 대부분의 연구들은 철, 코발트, 니켈 및 이들의 2 원계 및 3 원계 합금에 대해서 이루어졌다. 철의 분극율은 단원소로서는 55 % 로 최대이며 2 원계 합금에서는 철과 니켈의 합금에서 최대 64 % 까지 보고되고 있다.[5] 자성재료의 스핀 분극율은 전자들의 스핀 방향을 자성체의 자화방향에 평행하게 배열하는 비율이며, 자성재료의 포화자화에는 크게 의존하지 않는다. 또한 자기저항으로 표시되는 것은 산화절연층과의 계면특성에 따라 크게 변화한다. 따라서 다양한 재료에 대한 연구가 필요하다.

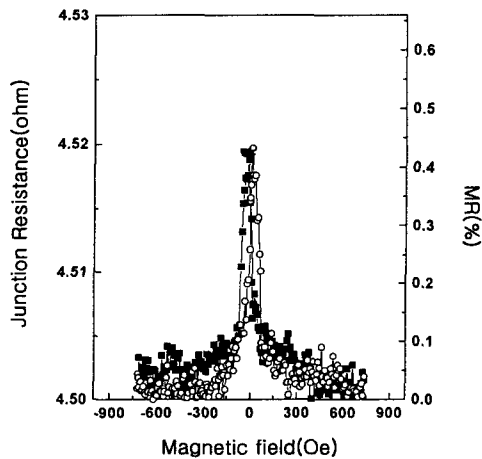
본 연구에서는 Co₇₀Ni₂₀Cr₁₀ 3 원계 합금을 이용하여 터널링 접합을 제작하고 자기저항 특성을 평가함으로써 Co₇₀Ni₂₀Cr₁₀ 합금의 적합성을 평가하고자 하였다.

2. 실험방법

Mumetal\Co\AlO_x\Co₇₀Ni₂₀Cr₁₀ 접합은 모두 RF magnetron sputtering 법으로 제작되었다. 실험진 진공도는 3×10⁻⁷ Torr 이하였으며 스퍼터링 시의 Ar 가스 분압은 3 mTorr로 고정되었다. 기판은 1000 °C

에서 3시간 열산화 방법으로 산화층을 성장시킨 실리콘 웨이퍼를 이용하였다. 모든 층들의 두께는 장시간 두껍게 성막한 후 성막시간으로 나눈 평균 성막 속도를 이용하여 Mumetal, Co, AlO_x, Co₇₀Ni₂₀Cr₁₀ 각각 30 nm, 1 nm, 3 nm, 50 nm로 고정하였다. 막의 두께는 파단면의 전자현미경 사진과 알파스텝을 이용하여 측정하였으며 각 층의 성막속도는 각각 0.3 A/s, 0.57 A/s, 0.23 A/s, 0.55 A/s 으로 조절하였다. 기판 온도는 상온으로 유지하였다. 터널링 접합을 위한 각 층의 패턴은 금속 마스크를 이용하여 십자 패턴을 형성하였으며, 접합 면적은 90 μm×90 μm 였다. 터널링 절연장벽층은 금속 Al층을 성막한 후 과산화수소를 이용하여 산화시켰다.[6] 자기저항은 일정한 전류를 접합에 흐르게 한 후 자기장에 따른 전압을 측정하는 4 단자 법을 이용하였다.

3. 실험결과 및 고찰



Co₇₀Ni₂₀Cr₁₀ 을 전극으로 이용하여 제작된 Mumetal\Co\AlO_x\Co₇₀Ni₂₀Cr₁₀ 접합은 Mumetal의 연자성 특성과 Co₇₀Ni₂₀Cr₁₀의 경자성 특성이 잘 드러나는 자기저항 곡선을 나타내고 있으나 자기저항비는 1 % 미만으로 작았다. 접합의 저항은 수십 kΩ·μm² 수준으로 최초로 과산화수소를 이용하여 제작한 수십 MΩ·μm²보다 매우 감소하였다. 현재까지의 실험 결과로 판단할 때 Co₇₀Ni₂₀Cr₁₀ 합금은 Cr의 함량이 10 %로 전체 자화값을 감소시키면서 스핀 분극율도 감소된 것으로 판단된다.

4. 결론

Co₇₀Ni₂₀Cr₁₀ 합금을 자성체 전극재료로 사용하여 Mumetal\Co\AlO_x\Co₇₀Ni₂₀Cr₁₀ 터널링 자기저항 접합을 제작하고 평가한 결과 Cr 함량에 따른 자화값의 감소와 더불어 Co 자체보다 스핀 분극율이 감소한 것으로 판단된다.

5. 참고문헌

- [1]T. Miyazaki, N. Tezuka, J. Magn. Magn. Mater. 139(1995) L231
- [2]E. R. Nowak, Thin Solid Film, 377-378(2000) 699-704
- [3]D. D. Tang, P. K. Wang, V. S. Speriosu, S. Le, and K. K. Kung, IEEE Trans. Magn., 31, 3206(1995)
- [4]M. Julliere, Phys. Lett., 54, 225(1975)
- [5]S. Parkin, Proceedings, "The International Symposium on Magnetism for the 10th anniversary of the Korean Magnetism Society", p7-32
- [6]Y. W. Lee, Proceedings, "The International Symposium on Magnetism for the 10th anniversary of the Korean Magnetism Society", p321