

스핀 밸브구조를 이용한 패턴된 트랙의 거대자기저항효과

한국과학기술연구원 김광윤*, 한석희, 임상호, 신경호, 김희중
 케임브릿지 대학 M.Balmire, J.E. Evetts

ANGULAR DEPENDENCE OF GIANT MAGNETORESISTANCE PROPERTIES
 OF PATTERNED TRACKS IN SPIN VALVE

KIST K.Y. Kim*, H.S. Han, S.H.Lim, K.H. Shin, H.J. Kim
 University of Cambridge M.Balmire, J. E. Evetts

1. 서 론

GMR 헤드에 사용되는 전형적인 스핀밸브 구조는 자유층과 구속층이 비자성층에 의해 서로 분리되어 있으며, 구속층은 인접한 반강자성층에 의해 교환결합을 유지하고 있다. 기록밀도의 고집적화에 따라서 헤드의 크기가 작아짐에 따라서 더욱 높은 교환 결합력이 요구되며, 또한 헤드가 동작시 구속층의 자화 방향이 변화하지 않도록 충분히 큰 교환 결합력이 요구되고 있다. 웨이프 상태로 제작된 시료에서 측정시 구속층의 방향이 변화하지 않지만 헤드제조 공정중 혹은 강한 자장에 의해서 구속층의 방향이 변화 할 수 있고, 이로 인하여 구속층의 자화 방향이 분산 되기도 한다.[1] 이와 같이 시료의 크기가 큰 경우에는 전혀 특성의 변화를 야기시키지 않지만 시료의 크기가 축소될 때 반자장 등의 영향력에 의해서 자기저항효과가 감소하거나, 혹은 자화방향의 불안정 등에 의해서 자기적 특성이 변화하는 것으로 알려져 있다.[2] 스핀 밸브 구조에서 자유층과 구속층의 자화 방향이 다양한 요인에 의해서 변화하므로 축소된 시료에서 자장 방향에 따른 자기저항의 각도의존성을 이해하는 것이 기술적으로 매우 중요하며, 또한 자기저항의 전도 특성을 이해하는 기초적 자료를 제공 할 수 있을 것으로 기대된다.

본 연구에서는 IrMn 을 반강자성층으로 사용한 스핀 밸브시료를 $20 \times 2(3, 4, 6) \mu\text{m}^2$ 패턴닝 하여 자장 방향에 따른 자기저항의 변화를 조사하였고 이 결과를 간단한 model 에 적용하여 비교 검토하고자 한다.

2. 실험 방법

실험에 사용된 시료는 상용 스피터링 장치를 판매하는 회사로부터 제공된 것을 사용하였으며, IrMn 을 반강자성층으로 하는 top 스핀 밸브 구조를 갖고 있다. 시료는 6 인치 실리콘 웨이프상에 Ta/NiFe/CoFe/Cu/CoFe/IrMn/Ta 의 증착된 스핀밸브 구조를 가지고 있으며, 자기저항은 웨이프를 $5 \text{mm} \times 10 \text{mm}$ 크기로 절단하여 four point-probe 을 사용하여 측정하였다. 트랙의 제조는 포토리소그라피 공정에 의해 패턴 작업을 하였으며, ion-milling 공정에 의해 제조하였다. 각 트랙은 $20 \times 2(3, 4, 6) \mu\text{m}^2$ 의 크기를 가지며, 자기저항 측정을 위한 contact pad 를 가지고 있다. 시료의 구속층의 방향은 길이 방향과 일치하도록 커팅하였고, 또한 트랙의 길이 방향과 구속층의 방향이 일치하도록 트랙을 제조하였다. 자기저항의 각도의존성을 조사하기 위하여 특별히 고안된 시료 홀더를 사용하여 시료를 0 도에서 180 도 까지 적당한 스텝을 주며 회전하면서 R-H 곡선을 측정하였다.

3. 실험결과 및 고찰

그림 1은 $20 \times 6 (\mu\text{m})^2$ 의 크기를 갖는 트랙으로부터 자장의 각도를 변화 시키면서, 혹은 시편을 회전시키면서 측정된 자기저항 곡선을 나타낸 것이다. 여기서 0도의 정의는 pinning 방향과 일치하도록 외부자장을 가해준 경우를 의미하며, 90도는 pinning 방향과 직각으로 외부자장을 가해준 경우이다. 그림에서 보는 바와 같이 자장의 각도 변화에 따라서 자기저항 곡선이 크게 변화함을 알 수 있다. 0도에서 측정된 자기저항 곡선은 전형적인 스핀밸브의 자기저항 효과를 보여주는 반면에 인가하는 자장의 방향을 30, 60, 90도로 변화 시킬 때 따라서 최대를 나타내는 자기저항 값이 감소하고 있으며, 또한 자유층과 구속층의 보자력이 감소함을 알 수 있다. 또한 0도의 경우, 영 자장을 기준으로 좌우에서 자기저항 곡선의 비대칭이 나타나며, 인가 자장의 방향을 증가함에 따라서 비대칭의 정도가 감소하여 90도의 경우 좌우에서 약간의 비대칭이 나타나고 있다. 본 연구의 90도의 경우 자기저항 곡선의 결과와 전형적인 스핀밸브 구조에 벡터 모델[3]을 적용하여 pinning 방향에 수직으로 자장을 인가할 때 대칭적인 자기저항 거동을 보이는 것으로 보고되는 것과는 불일치를 보이고 있다. 이와 같이 모델링에 의한 결과와 본 연구에서 측정된 결과와의 차이점은 형상이방성에 의한 효과 혹은 가해진 자장방향과 시료와의 각도의 불일치에서 기인한다고 생각된다. 트랙폭의 감소에 따른 자기저항의 각의존성과 이를 설명하는 모델을 제시하며, 이 모델이 정확한 pinning direction을 제시할 수 있을 것인지를 검토하고자 한다.

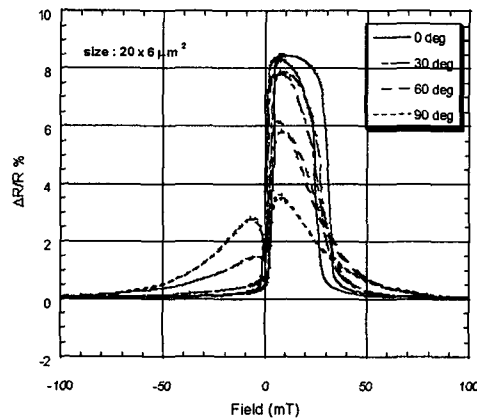


Fig. 1. Angular dependence of the giant magnetoresistance according to the applied magnetic field for the track sample of $20 \times 6 (\mu\text{m})^2$

4. 참고 문헌

- [1] C. Tsang, T. Lin, S. Macdonald, M. Pinarbasi, N. Robertson and H. Santini: IEEE Trans, Mag **33**, 2866 (1997)
- [2] S. Mao, M. Plumer, A. Mack, Z. Yang and Ed Murdock: J. Appl. Phys. **85**, 5033 (1999)
- [3] M.R. Parker, H. Fujiwara and S. Hossain: IEEE Trans, Mag **31**, 2618 (1995)