

여자도선을 가진 스핀밸브 센서의 보자력 제어

박승영^{1*}, 조영훈¹, 윤정범¹, 정명화¹, 김지원², 조순철²
¹한국기초과학지원연구원
²승실대학교

Coercive field control of spin valve sensor with excitation field line

S. Park^{1*}, Y. Jo¹, J. Yoon¹, and M. H. Jung¹, J. Kim², and S. Jo²
¹Korea Basic Science Institute
²Soongsil University

1. 서론

스핀밸브를 포함한 자기저항 소자에 여자도선을 가진 구조는 MRAM [1], 아이솔레이터 [2] 등의 기능성 소자로 널리 활용되어왔다. 이와 같은 저자기장 응용 분야 [3]에서 보자력 또는 자화반전 자장의 세기를 제어하는 방법은 소자의 크기가 작아질수록 중요한 기술로 취급되고 있다 [1]. 기존에는 이를 위해 센서 주변에 영구자석을 부착하거나, 여자도선을 설치하고 직류 전류를 공급하였다 [4]. 본 연구에서는 센서 주변에 여자도선이 설치된 소자를 제작하고, 여자도선에 교류 전원을 공급하여 보자력과 자화반전 자장의 세기가 제어되는 효과를 관찰하였다.

2. 실험방법

스핀밸브 시료는 2,000 Å의 산화막이 존재하는 Si 웨이퍼위에 Mo(15 Å)/NiFe(30 Å)/CoFe(30 Å)/Cu(38 Å)/CoFe (14 Å)/IrMn(73 Å)/Ta(40 Å) 구조로 Perkin Elmer 2400 스퍼터링 시스템에서 DC 마그네트론 스퍼터링 방법으로 제조하였고, 증착당시 자기저항 변화율은 7%, 교환결합자장은 350 Oe, 보자력은 25 Oe 였다. 이렇게 제조된 스핀밸브 시료는 패터닝 공정을 거쳐 스핀밸브층/전극층(Ti/Au)/절연층(Photoresist)/여자도선층(Ti/Au) 구조로 Fig. 1과 같은 모양의 센서가 제작되었다. 제작된 센서의 스핀밸브 패턴과 여자도선의 선폭은 각각 10 μm, 20 μm 였다. 전극과 여자도선의 두께는 Au 3000 Å으로 하였다. 이때 스핀밸브와 여자도선에서 측정된 저항은 각각 155 Ω, 9 Ω 정도였다.

선폭의 제작된 센서의 특성을 측정하기 위해 자기장 및 온도 제어가 가능한 Micro-manipulated probe station이 사용되었다. Fig. 2와 같이 여자도선에는 1.8 V, 100 KHz의 정현파를 입력하였고, 초전도자석을 이용하여 자기장을 인가하였으며, 이때 변하는 자기저항은 저항계를 부착하여 기록하였다.

3. 결과 및 고찰

Fig. 3은 여자도선에 진폭이 1.8 V의 정현파가 입력된 상태(실선)와 그렇지 않은 상태(점선)에서 자장의 세기에 따른 자기저항비 곡선(minor loop)을 보인 것이다. 이 두 가지 곡선을 비교하면, 정현파가 입력된 경우에 그렇지 않은 경우에 비하여 자화반전 자장의 세기가 양의 자장과 음의 자장에서 약 20 Oe 감소하여 보자력이 작아진 효과를 보였다. 또한 민감도 역시 보다 향상되었음을 관찰할 수 있다. 이때 여자도선에 흐르는 전류의 세기는 200 mA였고, 전류-자기장 변환 효율은 0.2 Oe/mA였다.

Fig. 4는 여자도선에 진폭과 오프셋이 각각 1.8 V인 정현파 (최저전압 0 V, 최고전압 3.6 V)가 입력된 상태(실선)와 그렇지 않은 상태(점선)에서 자장의 세기에 따른 자기저항비 곡선을 보인 것이다. 이 두 가지 곡선을 비교하면, 정현파가 입력된 경우에 그렇지 않은 경우에 비하여 자화반전 자기장의 세기가 약 50 Oe 감소하였다. 이때는 양과 음의 자장 영역에서 왼쪽으로만 이동하였으며, 자기저항 곡선이 전체적으로 천이되는 효과를 보였다.

본 실험에서 제조된 센서들은 패터닝 공정시 220 °C 이상의 고온에 4시간 이상 노출되어 증착당시의 보자력 보다 세배 이상 증가하였다. 센서 제조시 자기장 열처리 등의 적합한 공정을 이용하여 스핀밸브 시료의 보자력을 더 작게 하거나, 전류-자장 변환 효율이 높은 구조의 설계를 통해 보자력이 없는 높은 민감도의 센서 제작이 가능하다고 사료된다. 또한 50 Oe 정도까지 자장 감지 영역을 주사할 수 있다.

4. 결론

본 연구에서는 여자도선이 있는 스핀밸브 센서를 제작하고, 여자도선에 교류 전원을 공급하여 그 진폭과 오프셋 전압에 따른 보자력과 자화반전 자장의 세기와 관계의 관계를 조사하였다. 진폭의 크기를 1.8 V 까지 변화시킨 결과 보자력은 약 20 Oe 감소하였으며, 진폭을 고정하고 오프셋 전압을 1.8 V 상향 조정하여 인가할 때 자화반전 자장의 세기가 약 50 Oe 까지 천이되었다. 센서 제조시 자기장 열처리 등의 공정을 이용하여 스핀밸브 시료의 보자력을 더 작게 하거나, 전류-자장 변환 효율이 높은 구조의 설계를 통해 보다 높은 민감도의 센서 제작이 가능하다고 사료된다.

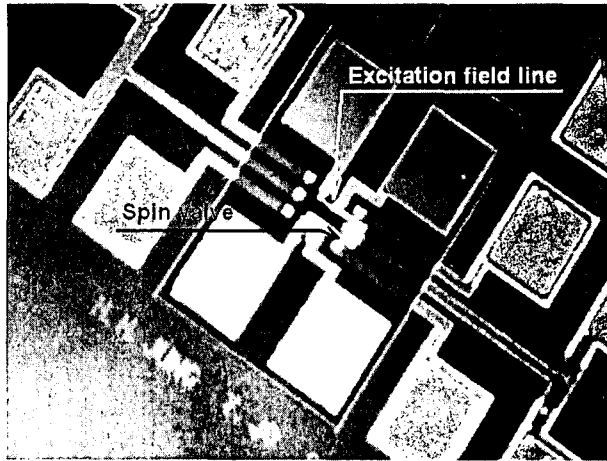


Fig. 1. Microscope picture of the fabricated spin valve sensor with excitation field line.

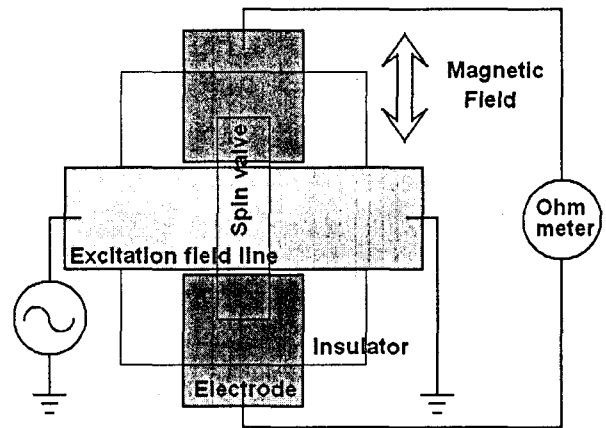


Fig. 2. Schematic diagram of the MR-H measurement.

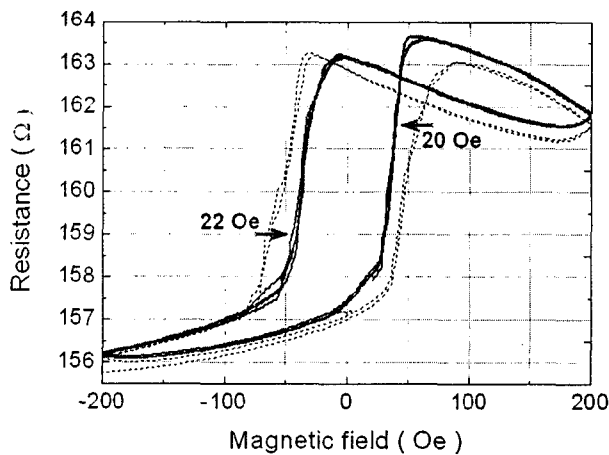


Fig. 3. Minor MR loop when the 1.8 V sinusoidal wave (bipolar, offset = 0 V) input.

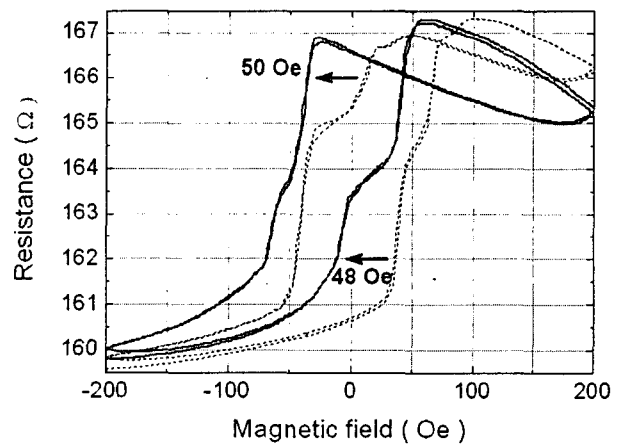


Fig. 4. Minor MR loop when the 3.6 V sinusoidal wave (unipolar, offset = 1.8 V) input.

5. 참고문헌

- [1] S. Parkin, X. Jiang, C. Kaiser, A. Panchula, K. Roche, and M. Samant, *Proceeding of the IEEE*, **91**(5), (2003).
- [2] S. Park, J. Kim, S. Jo, *J. Appl. Phys.*, **97**(10), (2005).
- [3] S. Park, S. Jo, *IEEE Trans. Magn.*, **40**(10)(2005).
- [4] K. G. Asher, "Magnetic disk drive technology, head, media, channel, interfaces and integration," *IEEE press*, New York, 1997.