

IrMn 스핀밸브 박막 바이오 소자의 자기저항 특성

Magnetoresistance of IrMn Spin Valve Bio-device

최종구¹, 황도근^{1,2}, 이장로³, 이상석^{1,2*}

¹상지대학교 대학원 동서의료공학과, 강원도 원주시 우산동, 220-702

²상지대학교 보건과학대학 한방의료공학과, 강원도 원주시 우산동 220-702

³숙명여자대학교 자연과학대학 물리학과, 서울시 용산구 140-742

1. 서론

본 연구는 바이오센서로 활용할 반강성체 IrMn 층을 기반인 $[\text{Co}_{90}\text{Fe}_{10}, \text{Co}_{75}\text{Fe}_{25}, \text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}]/\text{Cu}/[\text{Co}_{90}\text{Fe}_{10}, \text{Co}_{75}\text{Fe}_{25}, \text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}]$ 3층구조의 고감도 GMR-SV 다층박막구조를 제작하였다. 박막의 연자성 특성 조건을 얻기 위하여 자유층 CoFe 두께에 의존하는 보자력, 자기저항비, 교환결합세기, 상호교환결합력, 자장감응도를 조사하였다. 고정층의 폭방향을 자성 용이축으로 자유층은 길이방향으로 형상자기 이방성을 유도한 (2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10) $\times 10 \mu\text{m}^2$ 크기의 GMR-SV 바이오소자의 자기저항 특성의 변화를 조사하였다.

2. 실험결과 및 고찰

Fig. 1은 $[\text{CoFe}(t)/\text{Cu}(25 \text{ \AA})/\text{CoFe}(60 \text{ \AA})]/\text{IrMn}(80 \text{ \AA})$ GMR-SV 다층박막에 대하여 자유층 CoFe의 두께가 30 \AA , 90 \AA 일 때 측정된 자기저항곡선이다. 자유층의 두께가 증가할수록 보자력이 감소하는 것과 달리 오히려 보자력이 7 Oe에서 45 Oe로 증가하는 현상을 보여 준다. 자유층 CoFe의 두께가 90 \AA 일 때 보다 30 \AA 일 때 보자력의 감소는 자장감응도를 0.3 %/Oe에서 0.8%/Oe로 증가시켰다. 자기저항비는 CoFe 층 두께가 증가함에 따라 3.8 %에서 5.3%로 증가하였다. 한편 두께 증가에 대한 4 단자 표면 자기저항은 50.4 Ω 에서 33.4 Ω 으로 감소하여 누설전류에 의한 자기저항비 감소효과를 보이지 않았다.

Fig. 2(a)는 $\text{CoFe}(30 \text{ \AA})/\text{Cu}(25 \text{ \AA})/\text{CoFe}(60 \text{ \AA})/\text{IrMn}(80 \text{ \AA})$ GMR-SV 다층박막을 그림에서 보여 주듯이 광 리소그래피 공정으로 제작한 GMR-SV 소자를 실제 사진을 나타낸 것이다. 증착시 인가한 자기장 용이축 방향을 소자의 길이방향으로 하여 형상자기이방성 효과가 나타나도록 소자 크기인 $2 \times 8 \mu\text{m}^2$ 의 PR 영역을 남기고 ECR Ar 이온 밀링으로 식각을 하였다. 소자로서 밀링 후 아세톤으로 PR을 제거하고 다시 리소그래피 lift-off 방식으로 $2 \times 2 \mu\text{m}^2$ 의 실제 영역만 남게 $\text{Cu}(500 \text{ \AA})$ 전극을 형성하였다. Fig. 2(a)에서 Cu 전극으로 덮은 부분을 제외한 미세 패턴된 $2 \times 2 \mu\text{m}^2$ 모양과 용이축 방향을 표시하였다. 실제 GMR-SV 소자 그림으로부터 Cu 전극이 코팅된 GMR-SV 소자가 2 μm 의 길이 차이와 전극간의 gap이 형성된 자성패턴 차이로 인해 MR 신호의 불안정성과 비대칭적인 특성을 Fig. 2(b)에서 보여 주었다. Fig. 2(b)는 미세 패턴 후 IrMn 기저로 한 GMR-SV 다층박막 소자를 2 단자 법으로 얻은 자기저항 minor 곡선이다. 증착시 형성된 일축 이방성인

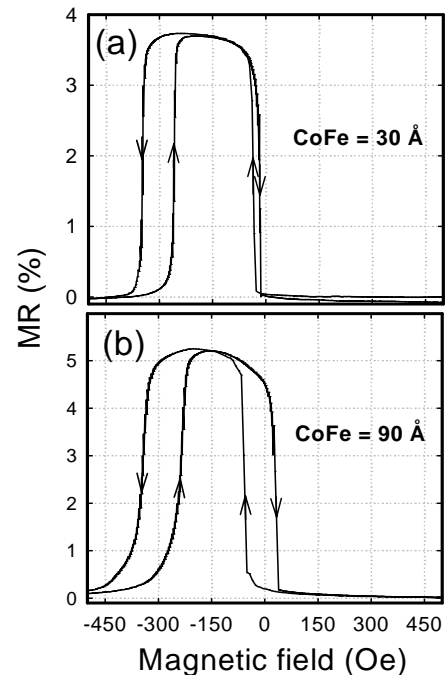


Fig. 1. MR curves for Glass/Ta(80 \AA)/CoFe(t)/Cu(25 \AA)/CoFe(60 \AA)/IrMn(80 \AA)/Ta(40 \AA) multilayer; (a) $t = 30 \text{ \AA}$ and (b) $t = 90 \text{ \AA}$. The increase of thickness of free CoFe layer did result in the increase of coercivity (H_c) and the decrease of magnetic sensitivity (MS).

미세 패턴의 용이축 방향으로 측정시 외부자기장을 인가하여 동일한 센싱전류 방향축으로 하여 측정하였다.

하부 자유층 CoFe 과 상부 고정층 CoFe/NiFe 사이의 상호결합력과 보자력은 거의 0 Oe 근방 값으로 패턴닝 전의 값들과 비교할 때 감소하였다. 이러한 현상은 측정시 내부저항보다는 표면저항이 포함된 2 단자 저항값이 50 Ω에서 270 Ω로 증가한 것뿐 아니라, 리소그래피 soft 와 hard baking 공정시 공기 중에서 90°C 와 110°C 열적 효과와 PR 도포 후 자유층의 표면 손상으로 인한 것으로 사료된다. Fig. 2(b)에서 용이축 방향 얻은 자기저항곡선의 minor loop으로부터 패턴닝 소자의 연자성 특성을 보여준 Fig. 1(a)와 달리 자유층 CoFe 의 H_{int} 과 H_c 의 값은 각각 0 Oe, 0 Oe 로 감소한 반면에, MR과 MS의 값은 각각 3.0%와 0.3%/Oe로 다소 감소하였다. 이러한 결과는 CoFe/Cu/CoFe/IrMn 다층구조의 GMR-SV 바이오센서 소자로서 활용 가능성을 제시하였다.

3. 결론

[Co₉₀Fe₁₀, Co₇₅Fe₂₅, Ni₈₀Fe₂₀]/Cu/[Co₉₀Fe₁₀, Co₇₅Fe₂₅, Ni₈₀Fe₂₀] 다층박막에 대하여 자유층 CoFe, NiFe 두께에 따른 상호교환결합세기, 교환결합세기, 보자력, 자기저항비, 자장감응도 등의 자기저항 특성을 관찰하였고, 양호한 연자성 특성을 갖은 2 × 8 μm² 크기의 CoFe (30 Å)/Cu(25 Å)/CoFe(60 Å)/IrMn(80 Å) 스핀밸브 소자를 제작하였다. 길이방향의 센싱전류와 폭방향의 고정층의 용이축 방향을 택하여 2 단자법으로 측정한 소자의 연자성 자기저항 특성인 자기저항비와 자장감응도는 각각 3.0 %와 0.3 %/Oe 이었다.

4. 참고문헌

- [1] S. H. Park, K. S. Soh, D. G. Hwang, J. R. Rhee, and S. S. Lee, J. Magnetism **13**, 30 (2008).
- [2] S. W. Kim, Y. G. Choi, H. S. Lee, D. H. Park, D. G. Hwang, S. S. Lee, G. W. Kim, S. G. Lee, and S. J. Lee, J. Appl. Phys. **99**, R908 (2006).
- [3] S. H. Park, K. S. Soh, M. C. Ahn, D. G. Hwang, and S. S. Lee, J. Kor. Magn. Soc. (Korean) **16**, 157 (2006).
- [4] W. H. Lee, D. G. Hwang, and S. S. Lee, J. Magnetism **14**, 18 (2009).

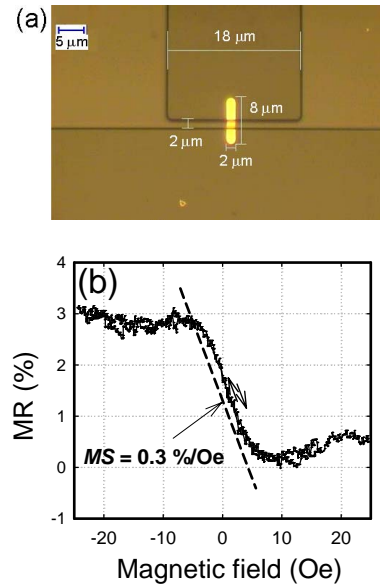


Fig. 2. (a) Photo of micro-patterned 2 × 8 μm² GMR-SV device with 2-probe electrode. (b) Minor MR curve measured by 2-probe method. When the sensing current was 10 μA, the output working voltage uniformly increased from 2.7 mV. The magnetic sensitivity was 0.3%/Oe. The some fluctuation and asymmetric curve of MR output signal may be considered by covered magnetic pattern gap in (a).