

미크론 자성비드 검출용 바이오센서에 대한 고감도 GMR-SV 소자의 제작과 특성 연구

(Fabrication and Characteristics of a Highly Sensitive GMR-SV Biosensor for Detecting of Micron Magnetic Beads)

최종구^{1*}, 박광준¹, 이주형¹, 이상석¹, 이장로²

¹한방의료공학과, 보건과학대학, 상지대학교, 강원도 원주시 우산동 상지대길 83

²물리학과, 자연과학대학, 숙명여자대학교, 서울시 용산구 청파동 2가

1. 초록

미크론 자성비드 검출용 바이오센서에 활용하는 GMR-SV 박막을 이온빔 스퍼터링 증착법으로 glass/Ta(5.8 nm)/NiFe(5 nm)/Cu(*t* nm)/NiFe(3 nm)/FeMn(12 nm)/Ta(5.8 nm)의 구조를 갖도록 증착하였다. 비자성체 Cu의 두께가 3.0 nm에서 2.2 nm까지 얇아질수록 교환결합력은 증가하였으며 자기저항비는 다소 낮았다. 비자성체의 두께가 얇으면 반강자성체의 층간 교환작용이 강자성체의 고정층 뿐만 아니라 자유층의 스핀배열에도 영향을 주고 있음을 확인할 수 있었다. 또한 리소그래피 공정 과정을 거쳐 GMR-SV 소자를 제작하여 미크론 자기비드를 검출하였다. 여기서 자기비드를 떨어뜨리기 전과 후의 자기저항비, 교환결합력, 보자력은 각각 0.9%, 3 Oe, 2 Oe의 값을 나타내었다. 이것으로 미크론단위의 바이오센서로서 활용할 수 있는 가능성을 보여주었다.

2. GMR-SV 소자를 이용한 자성비드 검출과 특성

Fig. 1(a)는 GMR-SV 소자를 이용하여 미크론 크기의 자성비드에 생체분자를 검출하는 시스템이다. 전자석을 GMR-SV 소자 주위에 인가하여 포화 자화과정을 거치게 한 후 가장 민감한 변화를 일으키는 지점을 선정하여 자기저항의 변화를 조사하였다. Fig. 1(b)는 미크론 자성비드 검출 시스템에서 관찰한 DNA의 정제와 생체분자를 흡착하는 1 μ m의 초상자성체 자성비드(-Si-OH)의 자화 상태를 나타낸 것이다. 여기서 자화 상태를 높이기 위해 자성비드를 3 kOe의 네오뎀 영구자석 위에 수 시간동안 보관한 후 스포이드(sput)를 이용하여 떨어뜨렸다. 그리고 정확성을 위해 소자와 밀접한 거리에 가우스 미터(gauss meter) 프로브(probe)를 고정시켜 자성비드를 떨어뜨린 전과 후의 MR loop를 측정하였으며, 상하 좌우의 미세조절이 가능한 탐침 봉에 정교한 전도성 탐침을 장착하고 Fig. 1(c)에 보여주는 것처럼 전극과 전극 사이를 연결하여 자기저항 특성을 조사하였다.

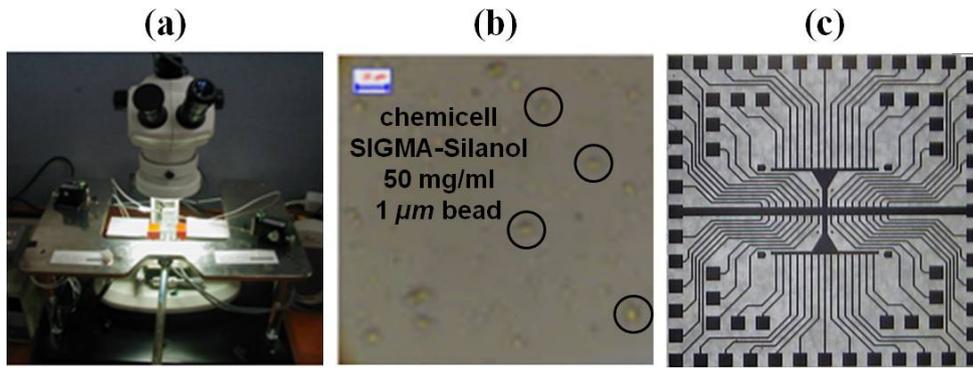


Fig. 1. Detecting experiment of magnetic bead ; (a) GMR-SV bio-sensing stage system with microscope, electromagnet, and electrode probe, (b) several magnetic beads($\times 400$) with a solution of 50 mg/ml(Si-OH), and (c) magnetic bead dropping status upon the GMR-SV devices.

Fig. 2은 GMR-SV 소자로 검출한 $1 \mu\text{m}$ 의 자성비드를 400배와 800배의 광학현미경으로 관찰한 것이다.

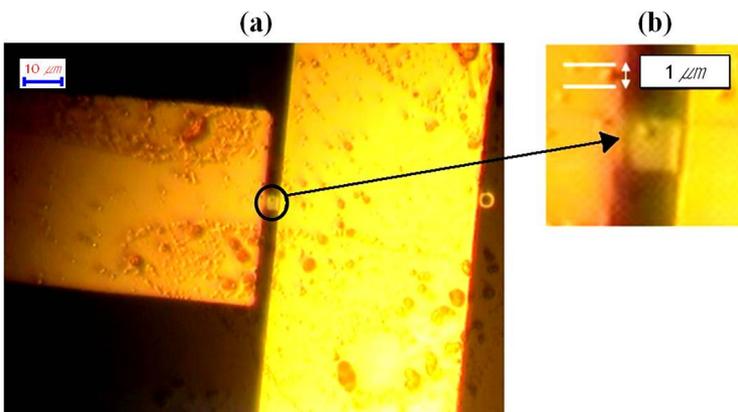


Fig. 2. Photograph of magnetic bead upon on device ($2 \times 4 \mu\text{m}^2$) of GMR-SV bio-sensor ; (a) ($\times 400$) and (b) ($\times 800$).

Fig. 3(a)와 (b)는 패터닝 전과 후의 자기저항 특성을 비교한 것으로 자기저항비는 2%에서 1%으로 감소하였지만 GMR-SV 박막에 대한 각 층별 두께와 너비, 금속의 비저항을 적용해 보았을 때 약 250Ω 의 값을 얻었으므로 오차 범위 내에서 제작된 GMR-SV 소자는 완전한 자기저항곡선을 나타내었으며 교환결합력과 보자력은 각각 3 Oe와 2 Oe이었다. Fig. 3(c)에서 일정하게 유지되던 GMR-SV 소자의 저항은 떨어뜨린 자성비드에 반응하여 급격하게 감소하였으며 20초 뒤에 완만하게 증가하여 0.9%의 자기저항비를 나타내었다. 여기서 자성비드는 Fig. 2(b)와 같이 GMR-SV 소자에 정착되면서 인가된 자기장에 따라 변화하였다. 또한 Fig. 3(d)와 같이 자성비드 등 자성체와 무관한 일반 오일을 떨어뜨렸을 때도 0.2%의 미세한 변화를 보여주었다. 이러한 결과로 DNA 분석용 바이오센서나 Fe가 포함된 적혈구 내 헤모글로빈(hemoglobin)을 분석하는 등 나노 단위의 바이오센서에 활용할 수 있는 가능성을 확인하였다.

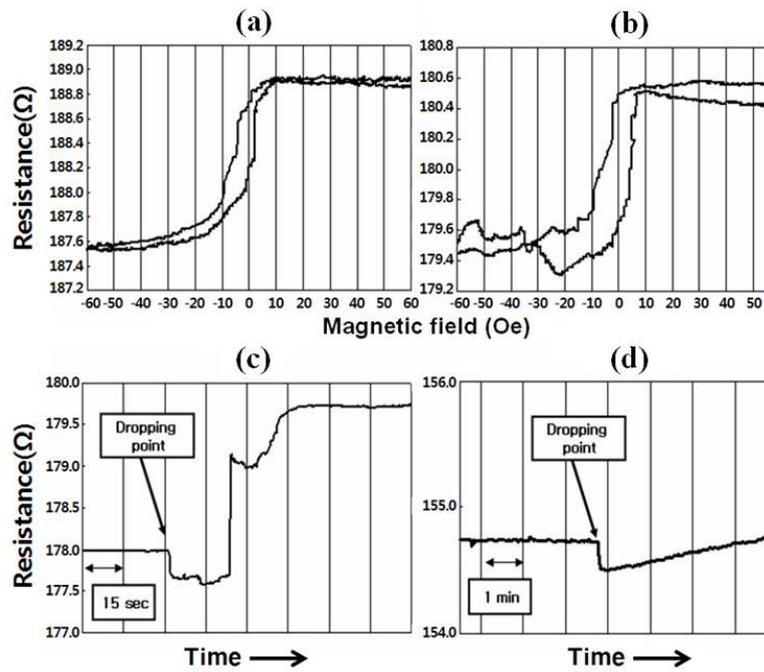


Fig. 3. Comparison of magnetic bead dropping; Minor loops of (a) before and (b) after magnetic bead dropping. (c) Change of magnetoresistance when oil composed of magnetic beads is dropping on GMR-SV device. (d) Change of magnetoresistance when oil except magnetic beads is dropping on GMR-SV device.

※ 이 논문은 교육과학기술부 한국연구재단의 지원을 받아 수행하고 있는 2010년도 하반기 기본연구지원사업(2010-0024665)의 연구결과이다.