

스핀 밸브 소자 기반 초고감도 세포 검출용 바이오센서

이순구^{1*}, 노종욱¹, 이경일¹, 손오택², 정효일², 이우영¹¹연세대학교 신소재공학과²연세대학교 기계공학부

최근 생명과학과 나노 기술이 융합된 나노 바이오 기술 (nano-bio technology)의 발전과 더불어 실시간, 초고감도 진단을 위한 바이오센서에 대한 연구가 빠르게 진행되고 있다. 기존의 형광분석법 (fluorescence detection method)을 이용한 바이오 센서는 장비 소형화의 제약, 형광물질 사용, 순수 시료를 얻기 위한 전처리 과정 등의 단점을 가지고 있다. 이러한 단점을 보완하기 위하여 생체물질 표지 (label)로 폴리스티렌 입자 (polystyrene core particles) 표면에 마그네타이트 (magnetite, Fe_3O_4) 입자를 균일하게 코팅한 수 마이크로 크기의 magnetic beads를 이용하여 그 누설자계(stray magnetic field)를 AMR (anisotropy magnetoresistance) 소자 [1,2], GMR (giant magnetoresistance) 소자 [3-5], 홀(Hall) 소자 [6]등과 같은 자기센서 (magnetic sensor)를 이용하여 검출하는 방법이 연구되어 왔다. 이와 같은 자기센서는 시료의 순도, 전기적 특성, pH, 온도 등의 영향을 받지 않기 때문에 실시간, 초고감도 검출 및 소형화가 필수적인 차세대 나노 바이오 센서로서 주목 받고 있다. 본 연구에서는 우수한 자기저항 특성을 가지고 있는 NOL(nano oxide layer) 기반 스핀 밸브 (spin valve) 박막을 제조하고, 미세 패터닝 공정을 이용하여 소자를 제작하였으며 DNA, 단백질 등의 생체물질과 결합하고 있는 magnetic beads의 누설자계로 인한 자기저항의 변화를 스핀 밸브 소자를 이용하여 측정하였다.

센서의 핵심부를 형성하고 있는 스핀 밸브 박막은 DC 마그네틱트론 스퍼터링을 이용하여 $Co_{84}Fe_{16}(20)/NOL/Ni_{81}Fe_{19}(25)/Co_{84}Fe_{16}(10)/Cu(17)/Co_{84}Fe_{16}(20)/Ir_{22}Mn_{78}(75)/Ta(or Au)(50)$ (Å)의 구조로 제작하였다. 하부 전극층에 자연산화법을 이용하여 NOL (nano oxide layer)를 형성시켜서 약 10%의 우수한 자기저항 특성을 갖는 IrMn 반강자성층을 이용한 교환결합방식의 스핀 밸브 박막을 제조하였다 (그림 1 참조). 감지전류를 위한 전극 패터닝을 위해 photolithography 및 electron beam lithography 공정을 이용하여 magnetic beads에서 발생하는 누설자계를 보다 용이하게 감지해 낼 수 있도록 하기 위해 $2 \mu m \times 6 \mu m \sim 8 \mu m \times 20 \mu m$ (폭 × 길이)로 높은 장평비 (aspect ratio)를 갖는 스핀 밸브 소자를 제작하였다. 스핀 밸브 소자의 감지부 위에 고정화된 magnetic beads (SPHEROTM SVM series, 그림 2)의 자기 저항의 특성을 magnetic beads가 없는 스핀 밸브 소자와 비교 평가하였다.

그림 3은 실제 바이오센서 응용을 위하여 magnetic beads를 스핀 밸브 소자 위에 선택적으로 배치하는 분자 간 인식작용 (molecular recognition process)의 개념도이다. Streptavidin과 결합된 $0.8 \mu m \sim 8 \mu m$ 의 직경을 갖는 magnetic beads를 biotin으로 표면 개질된 스핀 밸브 소자 위에 고정화하였다. 특정 생체물질의 감지를 위해 스핀 밸브의 감지부 표면에 Au 층을 증착하고 적절한 표면 개질을 통해 Au-biotin-streptavidin 막을 형성시켜 센서의 선택적 감지 특성을 확인할 수 있었다. 따라서 Au 층을 이용한 스핀 밸브 소자를 마이크로 유체 소자 (micro-fluidic device)와 결합시켜 바이러스, 병원성세균, 동물세포 등을 검출할 수 있는 스핀 밸브 소자 기반 고감도 바이오센서를 제작하고자 하였다.

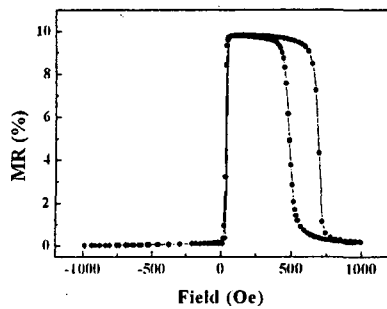


Fig. 1. MR response of an NOL (nano oxide layer) based spin-valve device



Fig. 2. A SEM image for magnetic beads (SPHERO™ SVM series) on a spin-valve device

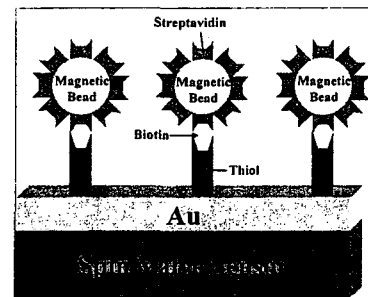


Fig. 3. A schematic of molecular recognition process using Au coated spin-valve device

Reference

- [1] M. M. Miller, G. A. Prinz, S. F. Cheng, S. Bounnak, *Appl. Phys. Lett.* 81 (2002) 2211
- [2] L. Ejsing, M. F. Hansen, A. K. Menon, H. A. Ferreira, D. L. Graham, P. P. Freitas, *Appl. Phys. Lett.* 84 (2002)
- [3] D. R. Baselt, G. U. Lee, M. Natesan, S. W. Metzger, P. E. Sheehan, and R. J. Coltona, *Biosens. Bioelectron.* 13 (1998) 731
- [4] H. A. Ferreira, D. L. Graham, P. P. Freitas, J. M. S. Cabral, *J. Appl. Phys.* 93 (2003) 7281
- [5] G. Li, V. Joshi, R. L. White, S. X. Wang, J. T. Kemp, C. Webb, R. W. Davis, S. Sun, *J. Appl. Phys.* 93 (2003) 7557
- [6] P. A. Besse, G. Boero, M. Demierre, V. Potte, R. Popovic, *Appl. Phys. Lett.* 80 (2002) 4199