

**전압인가식 스핀스위칭 구동을 위한 강유전체/강자성체 혼합박막 구조의
셀어레이 제작 및 특성 연구**
(Cell arrays fabrication and properties of ferroelectric/ferromagnetic
(Pb(Zr,Ti)O₃/CoPd) hybrid films applicable for a voltage control of magnetization
switching)

전동주,* 유영상, 김상국
서울대학교 재료공학부 나노스핀트로닉스 연구실

1. 서 론

자성체를 이용한 랜덤엑세스메모리의 정보저장 방식은 자화용이축 상에서 상반된 스핀 방향을 0과 1로 저장하고, 저장된 정보를 거대 자기저항이나 터널링 자기저항방식으로 판독한다[1,2,3,4,5]. 정보를 재기록할 때는 항자기력 이상의 자기장을 인가하여 그 자기장 방향으로 스핀의 방향을 스위칭 한다 [1,5]. 하지만 이 자기장 인가방식을 사용한 정보기록 기술은 고밀도 정보집적에 있어 다음과 같은 어려움이 있다. 첫째 소자 크기가 작아질수록 소자구동에 필요한 고밀도 전류를 흘려야 하며, 둘째 고밀도 전류에 의한 전자이동현상(electro-migration)이 발생하기 쉬우며, 셋째 작아진 소자의 국소영역에만 자기장을 인가하기 어려우며, 넷째 작아진 인접 정보구역 단위에서의 쌍극자 상호작용에 의한 간섭현상으로 인한 정보 손실 가능성 등의 기술적 문제점이 발생한다. 따라서 자기장 인가방식을 탈피한 신개념의 정보기록 방식을 개발해야 한다. 본 연구실에서 전압인가식 기록방법을 제안, 연구가 진행되어 왔고[6,7], 실례로 압전체와 자성체의 혼합박막을 제조하여 박막면에서의 전압인가에 따른 스핀 스위칭을 확인할 수 있었다[8,9]. 본 연구에서는 지금까지 발표된 연구내용을 바탕으로 강유전체/강자성체 혼합박막을 100 μm X 100 μm 이하 크기의 셀 어레이로 제작하고, 박막면에 수직으로 전압을 인가하여 각 셀의 압전 및 자성 특성 변화를 조사하고자 한다.

2. 실험 방법

본 연구에서는 전압인가식 자기메모리 소자를 구현하기 위해서 역압전효과가 큰 강유전체 Pb(Zr,Ti)O₃와 역자왜상수가 큰 강자성체 Co_xPd_{1-x}를 이용한 혼합박막을 100 μm X 100 μm 이하 크기의 9개 셀 어레이로 제작하고, 제작된 강유전체/강자성체 혼합박막 셀에 독립적으로 박막면에 수직 방향의 전압을 인가할 수 있는 도선 구조를 설계, 제작하였다(그림 1(a,b)). 강자성층에 응력을 인가하기 위한 PZT 셀의 압전 및 유전특성을 원자력간현미경(Atomic Force Microscopy: AFM)을 이용하여 측정하였으며, 강자성체 Co_xPd_{1-x}의 자성특성은 광자기 커 효과(magneto optical Kerr effect)를 이용하여 분석할 수 있다. 최종적으로 제작된 강유전체/강자성체 혼합박막 셀의 전압인가에 따른 독립적인 스핀 전이는 광자기현미경(MOMM: magneto optical microscope magnetometer)를 이용하여 실시간으로 분석할 수 있다.

3. 결과 및 고찰

완성된 Pb(Zr,Ti)O₃/Co_xPd_{1-x} 혼합박막 셀 어레이 구조 및 강자성층에 응력을 인가하기 위한 PZT 셀과 각 셀에 독립적으로 수직방향의 전압을 인가하기 위한 도선 라인의 정확한 형성여부를 광학현미경으로 확인하였다(그림 1(c)). 구성된 강유전체/강자성체 혼합구조에서 강자성층에 응력을 인가하기 위한 PZT 셀 어레이에 독립적으로 전압을 인가함에 따라 나타나는 압전 및 유전 특성을 원자력간현미경으로 측정한 결과 인접도선 라인의 영향에 의한 유전 분극 이력곡선(그림 2(a))과 전형적인 압전 특성인 변형 이력곡선을 얻었다(그림 2(b)). 완성된 셀 어레이 구조에서 전압인가에 따른 각 셀 Co_xPd_{1-x} 층의 자성특성을 광자기 커 효과를 통해 측정하여 자화용이축이 박막면에서 수직축으로 또는 그 역으로 천이함을 관찰하였다.

4. 결 론

Pb(Zr,Ti)O₃/Co_xPd_{1-x} 혼합박막 셀 어레이 구조를 성공적으로 제작할 수 있었다. 박막면에 수직으로 전압을 인가하는 방식을 통하여 각 셀에 독립적으로 전압을 인가한 결과 PZT층이 역압전효과(inverse piezoelectric effect)를 나타냄을 원자력간현미경을 통하여 확인하였다. 이를 통하여 PZT에 전압을 인가하여 Co_xPd_{1-x}층의 스핀방향 스위칭을 가능케 하는 발판을 마련하였다.

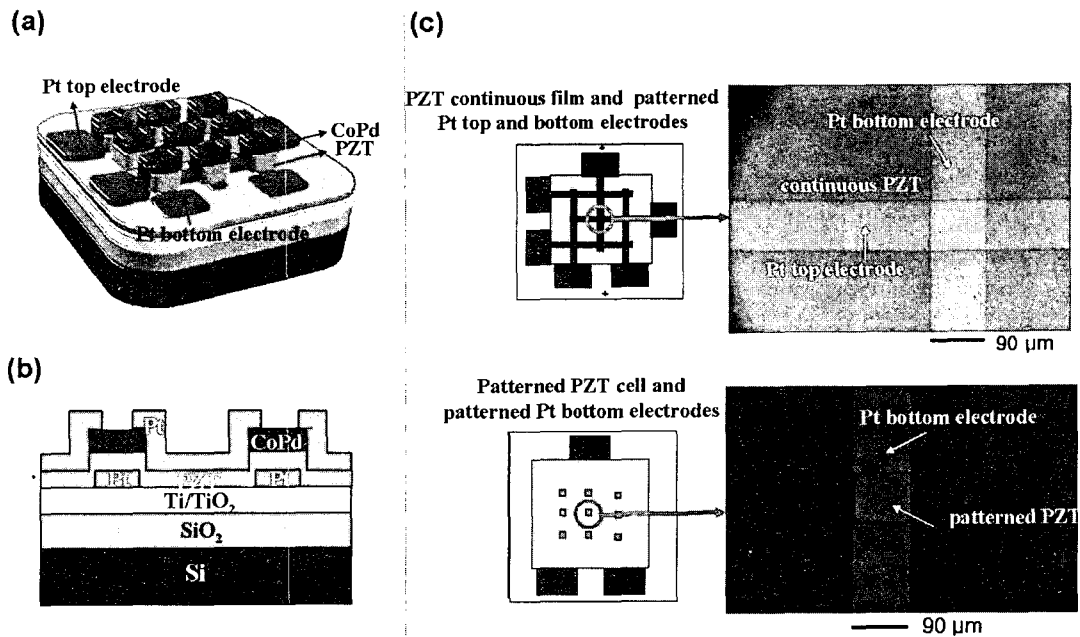


Fig.1 (a) Perspective and (b) cross-section views of cell arrays of ferroelectric/ferromagnetic hybrid films, and top and bottom Pt electrodes. The cell size of the hybrid film is $100 \mu\text{m} \times 100 \mu\text{m}$. (c) Optical microscope image of continuous and patterned PZT films.

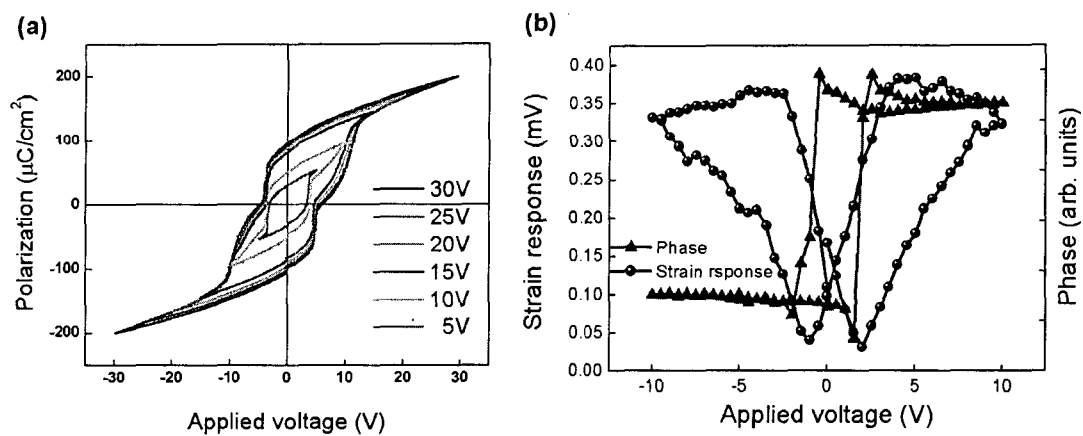


Fig.2 (a) Polarization hysteresis curves of a continuous PZT film according to the voltage variation from 5 to 30 V. (b) Piezoelectric hysteresis curve of a patterned PZT film with a $100 \mu\text{m} \times 100 \mu\text{m}$ dimension measured by AFM (PFM mode), where the frequency of tip bias is 17 kHz/1V and the sample bias is 10 V.

5. 참고 문헌

- [1] G. A. Prinz, *Science* **282**, 1660 (1998).
- [2] Baibich, M. N., J. M Broto, A. Fert, F. Nguyen Van Dau, F. Petroff, P. Etienne, G. Creuzet, A. Friedrich and J. Charelas, *Phys. Rev. Lett.* **61**, 2472 (1988).
- [3] M. Julliere, *Phys. Lett.* **54A**, 225 (1975).
- [4] R. S. Beech, J. Anderson, J. Daughton, B. A. Everitt, and D. Wang, *IEEE Trans. Magn.* **32**, 4713 (1996).
- [5] J. S. Moodera, L. R. Kinder, T. M. Wong, and R. Meservey, *Phys. Rev. Lett.* **74**, 3273 (1995).
- [6] S.-K. Kim, J.-W. Lee, J.-R. Jeong, J. Kim, and S.-C. Shin, *Appl. Phys. Lett.* **79**, 1652 (2001).
- [7] S.-K. Kim, J. Kim, and S.-C. Shin, *Phys. Rev. B* **65**, 094410 (2002).
- [8] J.-W. Lee, S.-C. Shin, and S.-K. Kim, *Appl. Phys. Lett.* **82**, 2458 (2003).
- [9] S.-K. Kim, J.-W. Lee, S.-C. Shin, H. W. Song, C. H. Lee, and K.-S. No, *J. Magn. Magn. Mater.* **267**, 127 (2003).