

FRAM 소자용 신물질의 탐색

노 태원
서울대학교 물리학과

Ferroelectric Random Access Memory (FRAM)은 강유전체의 자발 분극을 활용하는 비휘발성 메모리 소자이다. 이러한 FRAM 소자에 대한 응용은 이미 30여년 전부터 제시되어 왔으나, 강유전체의 신뢰성 문제 때문에 크게 진전되지 못하였다. 최근에 들어 강유전체 박막 제조 기술이 급격히 진전함에 따라, 일부 저용량 소자들이 상품화되고 있다. 지금까지 많이 활용되고 있는 $\text{Pb}(\text{Zr},\text{Ti})\text{O}_3$ 박막의 경우에는 금속 전극 위에서 쉽게 피로 현상을 보이는 신뢰성의 문제가 심각하다. 또한, 이 문제를 해결하기 위해 최근에 제시된 $\text{SrBi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9$ (SBT) 박막의 경우에는 피로 현상에 관련된 문제는 해결을 하였으나, 공정온도가 $750\text{ }^\circ\text{C}$ 이상으로 너무 높고 자발 분극의 크기가 매우 작아 FRAM 소자에 실용화되기에는 어려움이 많다. [1] 따라서, 세계의 많은 연구진들이 새로운 강유전체 물질을 찾기 위한 노력을 전개하고 있다.

우리 연구진은 “왜 SBT 박막의 공정온도가 높아야 하는가?”라는 질문에 답하기 위하여, 공정 온도를 달리하며 Sr-Bi-Ta-O 박막을 형성하였다. [2,3] 그 결과, 낮은 온도에서는 SBT의 layered perovskite 상이 아닌 cubic fluorite 상이 형성된다는 사실을 밝힐 수 있었다. 특히, 약 $750\text{ }^\circ\text{C}$ 아래에서는 cubic fluorite 상이 매우 안정적인 것으로 밝혀져서, SBT 박막의 경우 그 공정온도를 낮추는 것이 상당히 어렵다는 사실을 밝힐 수 있었다. [3]

우리는 SBT와 같이 layered perovskite 구조를 가지고 있으며, 낮은 온도에서의 상이 존재하지 않는 물질을 찾고자 노력하였다. $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$ 박막의 경우에는 저온 상이 존재하지 않으며, 강유전성 자발분극의 크기도 SBT보다 큰 물질로 알려져 있다. 또한, SBT의 경우와도 같이 Bi_2O_2 층이 존재하기 때문에, 기존의 모델에 따르면 신호의 읽기와 쓰기에서 유발되는 공간전하의 문제도 최소화할 수 있다. 그러나, 실제로 $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$ 박막은 Pt 전극 위에서 심한 피로 현상을 보인다.

우리 연구진은 “왜 SBT 박막의 경우에는 피로 현상이 없는가?”라는 질문에 답하기 위하여, 기초 연구를 수행하여 왔다. 특히, 우리는 x-ray photoemission spectroscopy 방법을 사용하여 SBT 박막이 가지는 화학적 특성을 분석하여 피로 현상에 관한 새로운 모델을 제시하였다. [4] 이 모델을 입증하기 위하여 SBT와 비슷한 구조를 가지는 다양한 강유전체 물질의 전기적 성질을 비교하였다. [5] 또한, 이렇게 확립된 모델을 바탕으로 공정 온도, 자발 분극의 크기, 피로 현상에 있어서 탁월하게 좋은 성질을 가지는 새로운 강유전체 물질 ($\text{Bi},\text{La})_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$ (BLT)를 개발할 수 있었다. [6] 본 강연에서는 FRAM 연구 분야를 설명하며, 새로이 발견된 BLT의 가능성에 대하여 소개하고자 한다.

[참고문헌]

1. S. D. Bu, B. H. Park, B. S. Kang, S. H. Kang, T. W. Noh, and W. Jo, Appl. Phys. Lett. **75**, 1155 (1999).
2. S. J. Hyun, B. H. Park, S. D. Bu, J. H. Jung, and T. W. Noh, Appl. Phys. Lett. **73**, 2518 (1998).
3. J. S. Lee, H. J. Kwon, Y. W. Jeong, H. H. Kim, S. J. Hyun, and T. W. Noh, Appl. Phys. Lett. **74**, 2690 (1999).
4. B. H. Park, S. J. Hyun, S. D. Bu, T. W. Noh, J. Lee, H.-D. Kim, T. H. Kim, and W. Jo, Appl. Phys. Lett. **74**, 1907 (1999).
5. B. S. Kang, B. H. Park, S. D. Bu, S. H. Kang, and T. W. Noh, and W. Jo, Appl. Phys. Lett. **75**, 2644 (1999).
6. B. H. Park, B. S. Kang, S. D. Bu, T. W. Noh, J. Lee, and W. Jo, Nature **401**, 682 (1999).